



TUGAS AKHIR TF 141581

**EVALUASI PAPARAN BISING PADA
PEMUKIMAN AKIBAT KEBISINGAN LALU
LINTAS KERETA API**

**AFIF RIFKIRAHMAN
NRP. 0231144000062**

**Dosen Pembimbing
Ir. Wiratno Argo Asmoro, M.Sc**

**DEPARTEMEN TEKNIK FISIKA
Fakultas Teknologi Industri
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2018**



FINAL PROJECT TF 141581

**NOISE EXPOSURE EVALUATION IN
RESIDENTAL AREA CAUSED BY RAILWAY
TRAFFIC NOISE**

**AFIF RIFKIRAHMAN
NRP. 0231144000062**

**Supervisor
Ir. Wiratno Argo Asmoro, M.Sc**

**DEPARTEMENT OF ENGINEERING PHYSICS
Faculty of Industrial Technology
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2018**

PERNYATAAN BEBAS PLAGIASI

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Afif Rifkirahman
NRP : 02311440000062
Departemen : Teknik Fisika FTI ITS

Dengan ini menyatakan bahwa tugas akhir saya berjudul **"Evaluasi Paparan Bising Pada Pemukiman Akibat Kebisingan Lalu Lintas Kereta Api"** adalah bebas dari plagiasi. Apabila pernyataan ini terbukti tidak benar, maka saya bersedia menerima sanksi sesuai ketentuan yang berlaku.

Demikian surat pernyataan ini saya buat dengan sebenar-benarnya.

Surabaya, 23 Juli 2018
Yang membuat pernyataan,



Afif Rifkirahman
NRP. 02311440000062

**EVALUASI PAPARAN BISING PADA
PEMUKIMANAKIBAT KEBISINGAN LALU LINTAS
KERETA API**

TUGAS AKHIR

oleh:

**AFIF RIFKIRAHMAN
NRP. 0231144000062**

Surabaya,

Dosen Pembimbing



Ir. Wiratno Argo Asmoro, M.Sc

NIPN. 19600229 198701 1 001

**Kepala Departemen
Teknik Fisika FTN ITS,**



Agus Muhammad Hana, ST., M.Si., Ph.D

NIPN. 19780902 200312 1 002

**EVALUASI PAPARAN BISING PADA
PEMUKIMANAKIBAT KEBISINGAN LALU LINTAS
KERETA API**





TUGAS AKHIR

Diajukan untuk Memenuhi Salah Satu Syarat
Memperoleh Gelar Sarjana Teknik
pada
Bidang Studi Vibrasi dan Akustik
Program Studi S1 Departemen Teknik Fisika
Fakultas Teknologi Industri
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
oleh:

AFIF RIFKIRAHMAN
NRP. 0231144000062

Disetujui oleh Tim Penguji Tugas Akhir :

1. Ir. Wiratno Argo Asmoro, M.Sc .
2. Dr. Dhany Arifianto S.T., M.Eng.
3. Ir. Yerri Susatio, M.T.
4. Lizda Johar Mawarani, S.T., M.T.

 (Pembimbing)
 (Ketua Penguji)
 (Penguji I)
 (Penguji II)

Surabaya, 30 Juli 2018

EVALUASI PAPARAN BISING PADA PEMUKIMAN AKIBAT KEBISINGAN LALU LINTAS KERETA API

Nama Mahasiswa : Afif Rifkirahman
NRP : 0231144000062
Departemen : Teknik Fisika FTI ITS
Dosen Pembimbing : Ir. Wiratno Argo Asmoro, M.Sc

ABSTRAK

Kereta api merupakan salah satu sarana transportasi umum yang diminati oleh masyarakat. Akan tetapi masalah terbesar dari kereta api adalah kebisingan yang ditimbulkannya terhadap lingkungan. Penelitian ini ditujukan untuk mengukur kebisingan lingkungan jalur Cikampek – Cirebon serta prediksi kebisingan kereta semi cepat akibatnya ke daerah pemukiman dan juga mitigasi dengan membangun penghalang bising. Nilai tingkat kebisingan ekuivalen yang dihasilkan pada jarak 15 meter sebesar 81,81 dBA sedangkan *sound exposure level*-nya sebesar 95,55dBA. Kereta semi cepat diprediksi dengan tingkat paparan bising pada pemukiman sebesar 95,62 dBA. Hasil menunjukkan semakin jauh jaraknya maka tingkat kebisingan semakin turun dan tiap perubahan dua kali jarak tingkat kebisingan berkurang sebesar 3 dBA. Hasil prediksi menunjukkan bahwa tingkat paparan masih dibawah standar yaitu 85dBA. Oleh karena itu perlu dirancang penghalang bising. Penelitian ini menggunakan metode persamaan Maekawa dalam perancangan penghalang bising. Penghalang bising yang efektif dengan ketinggian 4 meter dan panjang 197 meter dengan bahan *concrete* dengan ketebalan 150 mm. Penghalang tersebut mampu mereduksi hingga kondisi ideal kebisingan lingkungan pada pemukiman.

Kata Kunci: paparan bising, kereta semi cepat, penghalang bising

NOISE EXPOSURE EVALUATION IN RESIDENTAL AREA CAUSED BY RAILWAY TRAFFIC NOISE

Name : Afif Rifkirahman
NRP : 0231144000062
Departement : Engineering Physics
Supervisor : Ir. Wiratno Argo Asmoro, M.Sc

ABSTRACT

Railway is one of the public transportation facilities that interest by the community. However, the problem of the train is the disturbance it causes to the environment. This study aims to measure the level of the environment in Cikampek - Cirebon and also predict what can be done well and also mitigate by building noise barriers. The equivalent noise level value produced at a distance of 15 meters is 81.81 dBA while the sound exposure level is 95.55 dBA. The train is predicted semi-fast with the above meeting rate of 95.62 dBA. Further results are much lower than the lower level and frequency and smaller than the 3 dBA difficulty level. The prediction results show that the level of implementation is still below the standard of 85dBA. Therefore it is necessary to design a noisy barrier. This study uses the Maekawa analysis method in the classic barrier designer. An fffective noise barrier with a height of 4 meters and length of 197 meters with concrete material with a thickness of 150 mm. The barrier is able to reduce to ideal conditions of environmental noise in the settlement

Keywords: *noise exposure, semi high speed train, noise barrier*

KATA PENGANTAR

Puji syukur kehadirrat Allah SWT atas rahmat-Nya sehingga laporan tugas akhir yang berjudul **“EVALUASI PAPARAN BISING PADA PEMUKIMANAKIBAT KEBISINGAN LALU LINTAS KERETA API”** dapat terselesaikan.

Halaman kata pengantar ini saya dedikasikan untuk berterimakasih kepada seluruh pihak yang telah membantu terselesaikannya tugas akhir ini. Ucapan terimakasih secara khusus saya berikan kepada orang-orang berikut ini.

1. Orang tua saya, Murdianto dan Rinawati yang selalu mendoakan dan mensupport saya dari awal sampai akhir ini.
2. Kakak laki-laki saya Ahsan Syahida dan adik saya Aqbil Farisnaufan yang telah mensupport secara tidak langsung dan menjadi saudara yang baik.
3. Dosen Pembimbing saya Bapak Ir. Wiratno Argo Asmoro, M.Sc dan Bapak Dr. Dhany Arifianto, ST. M.Eng selaku dosen yang sudah memberikan tauladan bagaimana menjadi dosen yang tidak hanya sekedar mengajar, tetapi juga mendidik, dan mengayomi mahasiswanya.
4. Teman-teman Vibrastic, Mbak Niken, Mbak Elok, Mas Fafa, Mas Fandy, Mbak Ainun, Mbak Fidia, Mbak Ayu, Mbak Okta, Dhewangga, Dimas, Serip, Deni, Ilvy, Vika, Pieter, Nurul, Bintang, Tenti, Mayang, Alif, Ihsan, Nanda, Bina, Aye, Fiqiyah, Rahma, Vandi, Lina, Ina, dan Bangkit yang telah membantu dalam pelaksanaan tugas akhir saya, menjadi teman bermain di saat senang dan susah.
5. Teman-teman bermain Brina, Aini, Niam, Dito, Irawan, Dery, Azy yang telah membuat hari-hari menyenangkan.
6. Dan pihak lain yang tidak bisa saya sebut. Terima kasih banyak.

Demikian laporan ini penulis buat, semoga dapat memberikan manfaat selain bagi penulis sendiri dan bagi pembaca sekalian.

Surabaya, 2018
Penulis

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	
PERNYATAAN BEBAS PLAGIASI	v
LEMBAR PENGESAHAN	vii
ABSTRAK	xi
ABSTRACT	xiii
KATA PENGANTAR	xv
DAFTAR ISI	xvii
DAFTAR GAMBAR	xix
DAFTAR TABEL	xxi
DAFTAR NOTASI	xxiii
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Permasalahan	2
1.3 Tujuan	2
1.4 Batasan Masalah	3
1.5 Manfaat Penelitian	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1 Kebisingan	5
2.2 Sumber Bising Kereta Api	5
2.3 <i>Background Noise Level</i>	7
2.4 Tingkat Kebisingan Ekuivalen (L_{eq})	7
2.5 <i>Sound Exposure Level</i> (L_{AE})	9
2.6 Batas Ruang Jalur Kereta Api	10
2.7 Rencana Pengembangan Kereta Api Semi Cepat ...	11
2.8 <i>Noise Rating</i> (NR)	13
2.9 Mitigasi Kebisingan Kereta Api	15
BAB III METODOLOGI PENELITIAN	23
3.1 Survey Awal dan Pemilihan Titik Pengukuran	23
3.2 Pengambilan Data Kebisingan Kereta Api	26
3.3 Pengolahan Data	26
3.4 Prediksi Perambatan Kebisingan Kereta Api Akibat Perubahan Kecepatan	27
3.5 Perancangan <i>Noise Barrier</i>	27

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	31
4.1 Analisis Data.....	31
4.1.1 Data Pengukuran Kebisingan Lingkungan	32
4.1.2 Prediksi Kereta Semi Cepat	38
4.1.3 Mitigasi	40
4.2 Pembahasan	46
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	51
5.1 Kesimpulan	51
5.2 Saran	51
DAFTAR PUSTAKA	52
LAMPIRAN.....	55

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Ilustrasi mekanisme kebisingan yang ditimbulkan oleh kereta api	7
Gambar 2.2	Pemodelan kebisingan kereta api	8
Gambar 2.3	Grafik perbandingan antara L_{AE} dengan L_{eq}	9
Gambar 2.4	Batas ruang jalur kereta api	10
Gambar 2.5	Peta rencana pengembangan jaringan kereta api semi cepat di Pulau Jawa tahun 2030	12
Gambar 2.6	Kurva NR	13
Gambar 2.7	<i>Shadow Zone</i> akibat penghalang bising	16
Gambar 2.8	Ilustrasi sumber suara terhadap <i>cross section</i> <i>barrier</i>	17
Gambar 2.9	Ilustrasi sumber suara terhadap berbagai frekuensi	17
Gambar 2.10	Ilustrasi Penghalang Bising	18
Gambar 2.11	Ilustrasi panjang penghalang bising yang dibutuhkan	20
Gambar 2.12	Penghalang bising tampak atas	21
Gambar 3.1	Diagram alir penelitian	23
Gambar 3.2	Titik pengukuran penelitian	24
Gambar 3.3	Titik pengukuran pada jarak tiga meter sebagai sumber kebisingan	24
Gambar 3.4	Titik pengukuran pada jarak 15 meter dari rel sebagai titik penerima	25
Gambar 3.5	Titik pengukuran menurut batas wilayah kereta sesuai UU No.23 Tahun 2007	25
Gambar 3.6	Skema pengambilan data	26
Gambar 4.1	Spektrum frekuensi bising kereta api	32
Gambar 4.2	Prediksi L_{eq} dan L_{AE} terhadap jarak	38
Gambar 4.3	Prediksi tingkat daya pada kereta semi cepat ...	39
Gambar 4.4	Prediksi L_{AE} akibat kereta api semi cepat	39
Gambar 4.5	Perbandingan tingkat kebisingan kereta dengan kondisi ideal	40

Gambar 4.6 Nilai SPL pada berbagai variasi ketinggian penghalang	42
Gambar 4.7 Nilai SPL pada berbagai variasi ketinggian penghalang	44
Gambar 4.8 Nilai SPL pada berbagai variasi bahan pada penghalang dengan ketinggian 4 meter	44
Gambar 4.9 Perbandingan nilai paparan bising L_{AE} sebelum dan setelah pemasangan penghalang bising	45
Gambar 4.10 Perbandingan L_{eq} sebelum dan setelah pemasangan penghalang bising	46

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Nilai konstanta <i>frequency and train dependent</i>	12
Tabel 2.2 Nilai NR maksimum berserta aplikasinya.....	14
Tabel 2.3 <i>Noise criteria</i> paparan bising	14
Tabel 2.4 Nilai <i>transmission loss</i> beberapa material.....	19
Tabel 4.1 Tabel tingkat kebisingan ekuivalen pada jarak 3 m dari sumber.....	32
Tabel 4.2 Tabel tingkat kebisingan ekuivalen pada jarak 15 m dari sumber	34
Tabel 4.3 Pengurangan SPL yang dibutuhkan	41

DAFTAR NOTASI

A	Jarak sumber ke penghalang
B	Jarak penghalang ke penerima
BNL	<i>Background Noise Level</i>
f	frekuensi
L_{eq}	Kebisingan Ekuivalen
L_{AE}	<i>Sound Exposure Level</i>
L_w	Tingkat Daya Bunyi
N	Fresnel Number
TL	<i>Transmission loss</i>
SPL	<i>Sound Pressure Level</i>
V	Kecepatan
λ	Panjang Gelombang
δ	Path Length Difference

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Kereta api merupakan salah satu sarana transportasi umum yang diminati oleh masyarakat. Akan tetapi masalah terbesar dari kereta api adalah kebisingan yang ditimbulkannya terhadap lingkungan. Beberapa studi menunjukkan bahwa kebisingan kereta api menyebabkan lebih sedikit gangguan daripada kebisingan jalan (Ohrstrom, 1997). Dalam Rancangan Induk Perkeretaapian Nasional tahun 2030, Pemerintah Indonesia merancang untuk menjadikan kereta api sebagai transportasi unggulan yang menjadi pilihan masyarakat. Untuk mencapai tujuan tersebut pemerintah semakin meningkatkan sarana dan prasarana perkeretaapian. Salah satu upaya dalam peningkatan sarana perkeretaapian yaitu proyek pemerintah dalam penggunaan kereta semi cepat yang bekerjasama dengan pemerintah jepang (RIPN, 2011). Pemerintah Indonesia dan Pemerintah Jepang telah menyepakati revitalisasi jalur kereta api lintas utara Jawa atau Jakarta-Surabaya memakai jalur yang sudah ada atau eksisting (Kompas, 2017). Salah satu jalur kereta api utara yang padat dilewati kereta api yaitu jalur kereta api Cirebon - Cikampek. Jalur tersebut banyak dilewati kereta api dari Surabaya-Jakarta, Surabaya-Bandung maupun kereta api antar kota. Dengan adanya rencana penambahan kereta semi cepat pada jalur kereta api yang padat maka diperlukan adanya prediksi tingkat kebisingan yang diakibatkan oleh kereta semi cepat tersebut.

Permasalahan yang sebenarnya sudah ada sejak lama dan belum terselesaikan yaitu bagaimana dampak eksposur kebisingan terhadap pemukiman-pemukiman yang dilewati oleh jalan rel kereta api, mengingat banyak lokasi pemukiman yang sangat dekat dengan jalur kereta api. Dalam penelitian sebelumnya oleh (Aji, 2017) dilakukan analisis kebisingan

lingkungan akibat kereta api jalur ganda. Dalam penelitian tersebut didapat tingkat kebisingan siang malam (L_{SM}) sebesar 70-72 dBA dengan pemasangan penghalang bising pada jarak 1,5 meter dari rel dan tinggi empat meter dengan material *cinder concrete* dapat mereduksi tingkat kebisingan menjadi 58 dBA. Akan tetapi, penelitian tersebut mengasumsikan sumber bising sebagai sumber titik. Oleh karena itu, penelitian ini dilakukan dengan menganalisis paparan bising akibat kereta api dengan jalur kereta yang lebih padat yaitu kereta yang melewati jalur Cirebon-Cikampek dan mengasumsikan sumber bising sebagai sumber garis. Sehingga dalam tugas akhir ini penulis ingin melakukan penelitian untuk mengevaluasi bagaimana paparan kebisingan dan persebaran terhadap pemukiman sekitar.

1.2 Permasalahan

Berdasarkan uraian pada latar belakang dirumuskan beberapa permasalahan yang akan diteliti:

- Bagaimana tingkat kebisingan akibat kebisingan lalu lintas kereta api jalur Cirebon – Cikampek pada pemukiman dan prediksi tingkat kebisingan untuk kereta semi cepat?
- Bagaimana rancangan penghalang bising yang tepat dalam penanganan kebisingan pada daerah pemukiman?

1.3 Tujuan

Berdasarkan rumusan masalah di atas, tujuan yang ingin dicapai dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

- Mengetahui tingkat kebisingan akibat kebisingan lalu lintas kereta api jalur Cirebon - Cikampek dan prediksi tingkat kebisingan untuk kereta cepat.

- Memberikan rancangan penghalang bising yang tepat dalam penanganan kebisingan pada daerah pemukiman.

1.4 Batasan Masalah

Agar pembahasan tidak meluas dan menyimpang dari tujuan dan rumusan masalah, akan diberikan beberapa batasan permasalahan dari penelitian ini, yaitu sebagai berikut:

- Kebisingan yang menjadi fokus utama adalah kebisingan yang berasal dari kebisingan *air-borne* dan diasumsikan sebagai sumber garis.
- Penentuan tingkat kebisingan dari kereta api didasarkan pada tingkat kebisingan ekuivalen pada keseluruhan kereta api yang melewati jalur Cikampek – Cirebon.
- Perambatan yang diteliti hanya berasal dari difraksi yang melewati penghalang.
- Data kecepatan rata-rata kereta api ketika melewati jalur Cikampek – Cirebon didapatkan dari PT Kereta Api Daerah Operasi III Cirebon.

1.5 Manfaat Penelitian

Penelitian ini bermanfaat bagi masyarakat dan pemerintah untuk memberikan rekomendasi desain penghalang bising pada pemukiman dekat jalur rel kereta api.

Halaman ini sengaja dikosongkan

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Kebisingan

Kebisingan dalam keputusan Menteri Lingkungan Hidup No. KEP48/MENLH/11/1996 diartikan sebagai bunyi yang tidak diinginkan dari usaha atau kegiatan dalam tingkat dan waktu tertentu yang dapat menimbulkan gangguan kesehatan manusia dan kenyamanan lingkungan. Tingkat kebisingan adalah ukuran energi bunyi yang dinyatakan dalam satuan desibel (dB). dBA adalah satuan tingkat kebisingan dalam kelas A yaitu kelas yang sesuai dengan respon telinga manusia normal. Kebisingan mempengaruhi manusia baik secara fisiologis maupun psikologis. Tingkat kebisingan di atas 40 dBA dapat mempengaruhi kesejahteraan, pada tingkat 50 dBA kebanyakan orang mengalami gangguan dan sangat terganggu pada 55 dBA. Tingkat kebisingan di atas 65 dBA dapat mempengaruhi kesehatan manusia (Khan, 2011).

Bising umumnya diklasifikasikan dalam kategori berikut:

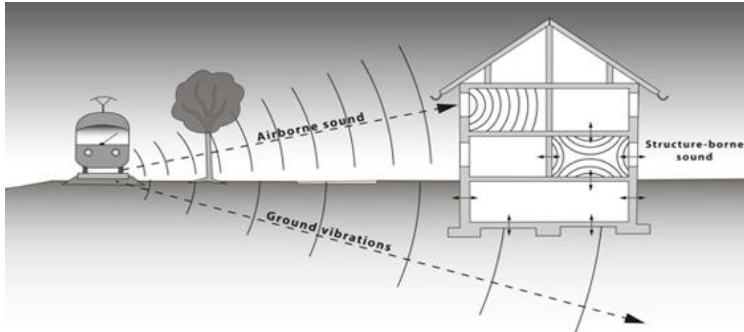
- Bising kontinyu/steady. Contoh : bising yang ditimbulkan oleh mesin pendingin ruangan, kipas angin, dan lain sebagainya
- Bising intermiten/terputus-putus. Contoh : suara kereta api, pesawat, bising lalu lintas, dan lain sebagainya
- Bising impulsive. Contoh shunting kereta, kopling, berhenti, mulai, dll.

2.2 Sumber Bising Kereta Api

Reaksi orang terhadap kebisingan yang dihasilkan dari kereta yang lewat berbeda dari yang dihasilkan oleh lalu lintas mobil dan truk. Kebisingan karena lewatnya kereta memiliki awalan dan akhiran yang pasti dan durasi yang terbatas. Di sisi lain, kebisingan lalu lintas perkotaan lebih atau malah kurang berkelanjutan/berkontinyu. Ada lebih sedikit jarak dari rel

kereta api daripada berpuluh kilometer jalan raya, sehingga kebisingan kereta api umumnya mempengaruhi lebih sedikit orang. Kebisingan kereta api di masyarakat sering menjadi gangguan jangka pendek dan bukan ancaman bagi kerusakan pendengaran. Tingkat kebisingan ambien dipulihkan setelah kereta lewat. Kebisingan kereta api dapat menghasilkan respons psikologis yang berbeda dari sumber kebisingan lainnya. Bahkan, suara kereta api mungkin agak menyenangkan bagi pekerja kereta api yang sudah pensiun. Sebagai akibat dari faktor-faktor ini, kebisingan kereta api sering diperlakukan dalam hal tanggapan masyarakat terhadap kebisingan kereta api yang lewat (Baron, 2003).

Ada beberapa penyebab terjadinya bising pada gerbong kereta api, termasuk interaksi roda / rel, interaksi sambungan gerbong, dan getaran komponen struktural gerbong kereta api. Ketika kereta api dipelihara dengan baik, komponen ini sulit dibedakan. Komponen roda / kereta api biasanya merupakan sumber utama kebisingan yang dihasilkan oleh kereta yang lewat. Empat kontribusi utama untuk pembuat kebisingan rel / roda untuk gerbong kereta api adalah kebisingan yang dihasilkan oleh kekasaran rel, *flat spot* pada roda gerbong kereta api, celah pada sambungan rel, dan gesekan dari roda dan rel. Kebisingan akibat gesekan flange roda dan rel pendukung dapat menjadi signifikan untuk trek dengan lengkungan tajam. Peningkatan tingkat kebisingan sebesar 15 dBA telah diteliti oleh (Cann, 1974). Frekuensi tinggi akibat “dengkingan ” dan suara frekuensi rendah akibat “deru” dari gerbong kereta api yang melintas di sekitar kurva biasanya bukan masalah bising yang besar karena jari-jari sebagian besar trek memiliki desain yang cukup besar. Adapun sumber kebisingan dari lokomotif termasuk suara mesin diesel, suara kipas pendingin, getaran struktural mesin, dan motor penggerak traksi (Baron, 2003).



Gambar 2.1 Ilustrasi mekanisme kebisingan yang ditimbulkan oleh kereta api (Smith,2017)

2.3 *Background Noise Level*

Background noise level merupakan tingkat tekanan bunyi latar pada suatu lingkungan yang berlangsung tetapi dan stabil di hampir seluruh waktu (Mediastika, 2005). Secara obyektif dikuantifikasikan dengan satuan desibel. Dalam konteks mengevaluasi tingkat tekanan bunyi suatu tempat, BNL digunakan sebagai parameter tingkat sumber kebisingan yang harus diredam oleh insulator/penghalang.

2.4 **Tingkat Kebisingan Ekuivalen (L_{eq})**

Tingkat kebisingan ekuivalen didefinisikan sebagai tingkat tekanan bunyi dari suatu suara yang terjadi terus-menerus pada periode waktu tertentu yang mempunyai energi suara yang sama dengan rata-rata suara yang berfluktuasi (Smith, 1996).

$$L_{Eq} = 10 \log \frac{1}{T} (t_1 \times 10^{\frac{L_1}{10}} + t_2 \times 10^{\frac{L_2}{10}} + \dots + t_n \times 10^{\frac{L_n}{10}}) \quad (2.1)$$

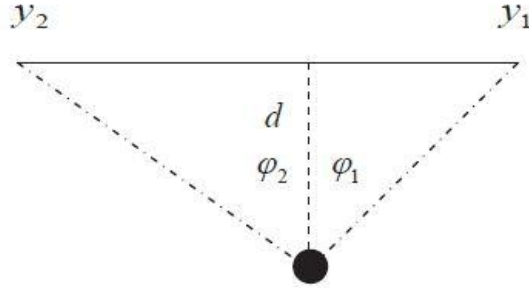
t_1 = waktu pada L_1

t_2 = waktu pada L_2

t_n = waktu pada L_n

T = total waktu dimana L_{eq} dibutuhkan

Pendekatan umum yang digunakan untuk memodelkan kebisingan dari kereta api menganggap setiap sumber bising dari jalur kereta api sebagai sumber garis bergerak bergantung dari panjang, tinggi, kecepatan, dan pola pengarahannya yang diberikan.



Gambar 2.2 Pemodelan kebisingan kereta api

Dengan asumsi bahwa dua ujung dari sumber garis lurus stasioner pada waktu T terletak pada y_1 dan y_2 , masing-masing. Tingkat tekanan bunyi pada penerima diberikan persamaan (Zhang,2010).

$$Leq = 10 \log \left(\frac{1}{T} \int_0^T 10^{[L_w - 10 \log(4\pi r^2) - A]/10} dt \right) \quad (2.2)$$

diasumsikan pada waktu interval T , sumber bergerak dari y_1 ke y_2 dengan kecepatan konstan maka persamaan integral menjadi:

$$Leq = 10 \log \left(\int_{\varphi_1}^{\varphi_2} 10^{[L_w - 10 \log(4\pi d) - A]/10} d\varphi \right) \quad (2.3)$$

dimana d jarak langsung sumber ke penerima dan diasumsikan bahwa sumber garis dan A merupakan atenuasi akibat penghalang bising.

2.5 Sound Exposure Level (L_{AE})

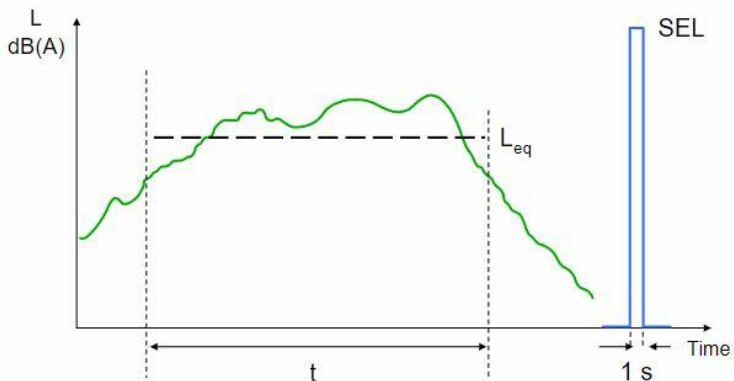
Sound exposure level dapat didefinisikan sebagai tingkat kebisingan kontinyu yang memiliki jumlah energi suara yang sama dalam periode waktu referensi satu detik dengan energi pada waktu aktual pada suatu *noise event* seperti lewatnya kereta api atau pesawat terbang (Smith, 1996). *Sound exposure level* menghilangkan pengaruh durasi pengukuran. Meskipun total energi suara diintegrasikan selama periode pengukuran seperti dengan L_{eq} daripada kemudian dirata-ratakan selama periode pengukuran, referensi 1 detik digunakan. Untuk satu peristiwa yang terjadi selama Interval T , hubungan antara L_{AE} dan L_{eq} selama interval waktu T sebagai berikut (Smith, 1996).

$$L_{AE} = L_{eq,T} + 10\log(T) \quad (2.4)$$

L_{AE} = *sound exposure level* (dBA)

T = durasi kereta lewat (detik)

$L_{eq,T}$ = tingkat kebisingan ekuivalen (dBA)



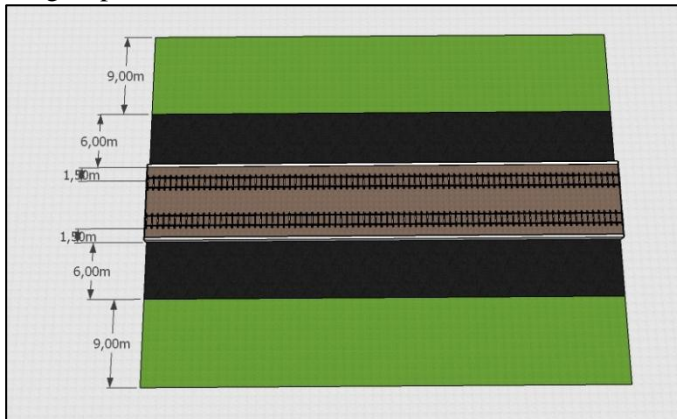
Gambar 2.3 Grafik perbandingan antara L_{AE} dengan L_{eq} (B&K, 2001)

2.6 Batas Ruang Jalur Kereta Api

Dalam Undang-undang Republik Indonesia No.23 tahun 2007 tentang Perkeretaapian diatur mengenai jalur kereta api nasional. Dalam undang-undang tersebut diterangkan mengenai lebar jalur kereta api. Jalur kereta api sendiri dibagi menjadi tiga meliputi:

- Ruang manfaat jalur kereta api,
- Ruang milik jalur kereta api, dan
- Ruang pengawasan jalur kereta api.

Batas ruang milik jalur kereta api yaitu paling rendah 6 meter dari sisi kiri dan kanan ruang manfaat jalur kereta api. Batas ruang pengawasan jalur kereta api yaitu paling rendah 9 meter dari sisi kiri dan kanan ruang milik jalur kereta api. Sedangkan ruang manfaat jalur kereta api terdiri dari jalur rel dan ruang disisi kiri dan kanan rel selebar 1,5 meter. Sehingga berdasarkan undang-undang tersebut lebar ruang jalur kereta api yaitu 15 meter dari sisi kiri dan kanan ruang manfaat jalur kereta api atau 16.5 meter dari sisi terluar jalur rel. Gambar 2.4 merupakan ilustrasi jalur kereta api berdasarkan Undang-undang Republik Indonesia No.23 tahun 2007.



Gambar 2.4 Batas ruang jalur kereta api (Aji, 2017)

2.7 Rencana Pengembangan Kereta Api Semi Cepat

Perkembangan teknologi kereta cepat dewasa ini cukup pesat dan bukan lagi menjadi teknologi yang eksklusif, sebagaimana ditunjukkan oleh bertambahnya negara-negara yang menggunakan kereta api cepat sebagai pilihan moda andalan. Salah satu jaringan dan layanan kereta api semi cepat yang dapat segera direalisasikan adalah pengembangan kereta api semi cepat yang menghubungkan Jakarta – Surabaya (merupakan bagian dari pengembangan kereta api semi cepat Merak – Jakarta – Banyuwangi). Pengembangan ini bertujuan untuk memperlancar perpindahan orang pada koridor tersebut dan untuk mengurangi beban pantura yang sudah *overload*. Pengembangan kereta semi cepat di Pulau Jawa membutuhkan prasarana khusus yang mampu melayani pergerakan kereta semi cepat berupa jalur yang steril sehingga dapat menjamin keamanan dan keselamatan operasionalnya, salah satu pilihannya adalah menggunakan jalur rel di atas atau *elevated railway*. Pengembangan kereta semi cepat berencana menggunakan kecepatan maksimum 165 km/jam juga harus didukung oleh pengembangan sistem produksi, pengoperasian, perawatan, dan pemeliharaan kereta api cepat dengan kemampuan sumber daya dalam negeri (RIPN,2011).

Emisi kebisingan untuk jenis kereta yang diberikan bervariasi antar kereta api individu bahkan untuk kecepatan kereta yang sama. Sebagian besar persebaran ini disebabkan oleh perbedaan rel kereta api dan kekasaran roda. Memang salah satu masa depan yang paling penting perbaikan pada metode prediksi akan mencakup koreksi untuk standar pemeliharaan. Hal ini tidak mudah dilakukan dengan informasi yang tersedia saat ini. Namun Prediksi Nordic termasuk kemungkinan menambahkan koreksi ke tingkat sumber untuk ini dan efek lainnya. Jika diasumsikan panjang kereta menghasilkan daya suara yang sama. Tingkat radiasinya diberikan sebagai berikut (Ringheim, 1996):

$$L_w = a \log \left(\frac{V}{100} \right) + 10 \log(V) + 43.8 + b \text{ dB re } 10^{-12} \text{ W(2.5)}$$

dimana V adalah kecepatan kereta dan nilai a, b adalah *frequency and train dependent constant* yang diberikan pada Tabel 2.1.

Tabel 2.1 Nilai konstanta pengaruh frekuensi dan jenis kereta

Frekuensi (Hz)	Constant		
	a (penumpang)	a (barang)	b (semua kereta)
63	33	36	10
125	31	34	14
250	35	38	9
500	44	45	14
1000	44	42	28
2000	41	38	25
4000	37	36	24

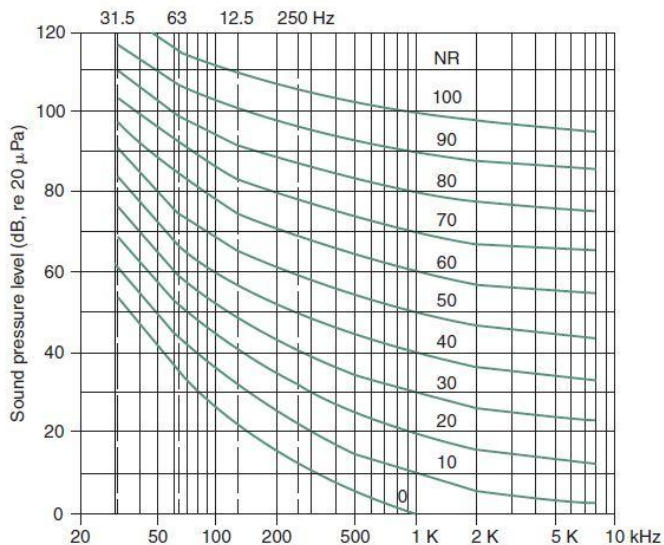


Gambar 2.5 Peta rencana pengembangan jaringan kereta api semi cepat di Pulau Jawa tahun 2030

Dengan adanya peningkatan kecepatan kereta maka kebisingan aerodinamik dan kebisingan akibat interaksi rel/roda kereta akan meningkat. Sehingga paparan bising yang ditimbulkan oleh kereta api akan meningkat pula. Oleh karena itu diperlukan adanya mitigasi agar paparan kebisingan dapat berkurang pada wilayah pemukiman.

2.8 Noise Rating (NR)

Sebuah deskripsi gambaran dari tingkat kebisingan *broadband* disebut dengan istilah *Noise Rating* (NR). Kurva *Noise Rating* hampir mirip dengan kurva NC yang dipakai oleh U.S. Kurva NR dapat digunakan untuk mengevaluasi kebisingan sumber yang lebih luas dan dapat digunakan pada situasi *indoor* maupun *outdoor*, sedangkan kurva NC hanya terbatas pada situasi *indoor* (SEEG, 2005). Tingkat NR tidak boleh melebihi batas nilai yang tercantum pada Tabel 2.2.



Gambar 2.6 Kurva NR

Tabel 2.2 Nilai NR maksimum berserta aplikasinya

Level NR Maksimum	Aplikasi
NR 25	Ruang konser, studio rekaman,
NR 30	Rumah sakit, bioskop, pemukiman tempat tinggal
NR 35	Perpustakaan, museum, sekolah
NR 40	Koridor, restoran, kantor
NR 45	Supermarket, kantin
NR 50	Kantor dengan peralatan

Kriteria tingkat kebisingan pada kereta yang beroperasi harus berkurang menjadi 85 dBA pada titik ukur 15 meter dari garis tengah jalur. Selanjutnya tingkat kebisingan tidak melebihi batas kebisingan menurut *Rail Corporation New South Wales* sebagaimana tercantum dalam Tabel 2.3.

Tabel 2.3 *Noise criteria* paparan bising (*Rollingstock PPP*, 2011)

Kereta	Kondisi	L_A max	Jarak	Titik Pengukuran
Semua kereta penumpang, baru maupun yang sudah ada	Ketika beroperasi dengan kecepatan berkisar 80 km/jam	85 dBA	15 m dari rel	1,5 meter diatas permukaan rel
	Tidak ada pita 1/3 oktaf pada frekuensi tengah di bawah 160 Hz yang melebihi 15 dBA.		15 m dari rel	1,5 meter diatas permukaan rel
	Tidak ada pita 1/3 oktaf pada frekuensi tengah di antara 160-400 Hz yang melebihi 8 dBA.		15 m dari rel	1,5 meter diatas permukaan rel

Tabel 2.3 Lanjutan

Kereta	Kondisi	L_A max	Jarak	Titik Pengukuran
	Tidak ada pita 1/3 oktaf pada frekuensi tengah di atas 400 Hz yang melebihi 15 dBA.		15 m dari rel	1,5 meter diatas permukaan rel
	Tingkat kebisingan <i>overall</i> tidak melebihi tingkat kebisingan <i>overall</i> dengan pembobotan A sebesar 15 dB		15 m dari rel	1,5 meter diatas permukaan rel

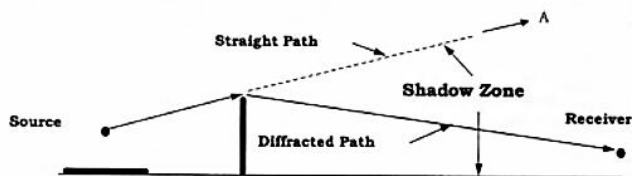
Ketika paparan bising melebihi dari kriteria seperti pada Tabel 2.2, maka perlu diadakan mitigasi agar paparan bising yang dihasilkan oleh kereta api sesuai dengan standarnya.

2.9 Mitigasi Kebisingan Kereta Api

Ada beberapa prosedur pengendalian kebisingan yang dapat digunakan untuk mengurangi kebisingan roda / rel. Rel dapat dipoles untuk memberikan permukaan rel yang lebih halus dan rata. Roda juga dapat dipoles untuk menghilangkan *flat spot*. Kebisingan akibat interaksi roda / rel kereta api dapat tereduksi tergantung pada tingkat keparahan roda, pengerjaan atau pemolesan roda. Kebisingan akibat sambungan rel dapat direduksi dengan menggunakan pengelasan kontinyu dari sambungan rel, kebisingan dapat tereduksi bergantung pada tingkat ketidakrataan lintasan. Adapun pengurangan kebisingan dapat dicapai dengan memodifikasi *support* kereta api untuk memasukkan peredaman getaran dalam sistem suspensi (Lipscomb, 1978). Kebisingan sistem pembuangan

pada lokomotif dapat direduksi dengan menggunakan *turbocharger* yang digerakkan oleh knalpot pada mesin diesel. Peredam knalpot juga dapat digunakan untuk mengurangi kebisingan knalpot. Pemasangan peredam dapat menimbulkan masalah desain yang sulit, karena ruang terbatas di atas lokomotif. Kebisingan dari lokomotif dalam kondisi *idle* dihasilkan terutama oleh getaran elemen struktural lokomotif. Untuk mengatasi kebisingan *airborne* dari kereta api, sebuah penghalang bising dapat mengurangi tingkat suara penerima dengan membatasi garis langsung suara dan kebisingan akan berdifraksi dengan dinding.

Penghalang bising adalah suatu dinding atau partisi penghalang yang digunakan untuk mengendalikan transmisi bising yang dirambatkan melalui udara (*airborne noise*) dimana dinding ini letaknya diantara sumber dan penerima. Fungsi dari penghalang bising ini adalah memberikan zona bayangan (*shadow zone*) atau daerah dimana mempunyai bising yang lebih senyap pada penerima. Fakta umum menunjukkan bahwa penghalang sangat efektif untuk mengurangi bising pada frekuensi tinggi daripada bising frekuensi rendah. Penghalang menciptakan bayangan kebisingan dengan energi yang lebih sedikit karena difraksi. Atenuasi kebisingan yang ditimbulkan biasanya antara 5 dan 15 dB tergantung pada tinggi, panjang, dan jarak dari lintasan (Thompson, 2009).

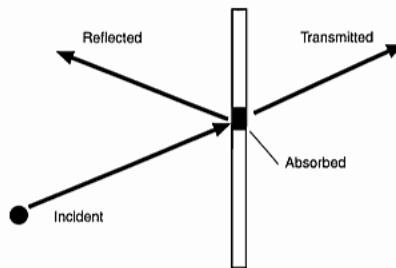


Gambar 2.7 *Shadow Zone* akibat penghalang bising (Hendriks, 1998)

Berdasarkan titik interaksi terhadap bunyi, bagian dari geometri/bentuk *noise barrier* terdiri atas 2, yaitu bagian *cross section* dan *top edge/top profile*.

- *Cross Section*

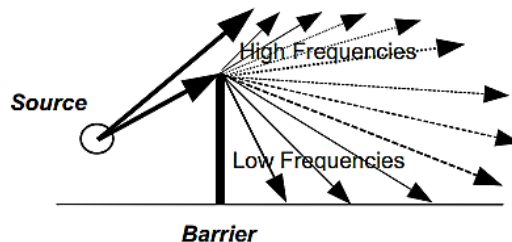
Merupakan bagian *barrier* berupa suatu bidang yang menghadap secara langsung ke arah sumber bising. Fenomena bunyi yang terjadi pada bagian ini antara lain refleksi, absorpsi, dan transmisi.



Gambar 2.8 Ilustrasi sumber suara terhadap *cross section barrier* (Ariyadi, 2016)

- *Top Edge/Topping*

Merupakan bagian atas/puncak *barrier* dan titik dimana terjadinya fenomena difraksi/penghamburan bunyi.



Gambar 2.9 Ilustrasi sumber suara terhadap berbagai frekuensi (Hendriks, 1998)

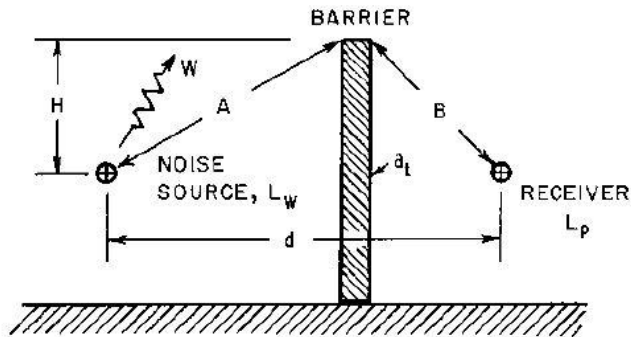
- Metode Maekawa

Metode Maekawa merupakan salah satu metode yang digunakan dalam perancangan penghalang bising yang bergantung pada jarak sumber ke penghalang bising dan bergantung pada frekuensi bunyi.

Beberapa persamaan telah dikembangkan untuk menentukan tingkat tekanan bunyi pada penerima akibat sumber bising yang memiliki tingkat daya bunyi di sisi berlawanan dari penghalang bising dengan melihat transmisi suara yang melewati penghalang yang terletak di luar ruangan (*outdoor*) tersebut. Berikut persamaan tingkat tekanan bunyi untuk penghalang bising (Maekawa, 1968):

$$L_p = L_w + DI - 20 \log(A + B) - 10 \log\left(\frac{1}{a_b + a_t}\right) - 10.9 \quad (2.6)$$

nilai A dan B merupakan jarak dari sumber bising ke puncak penghalang dan dari puncak penghalang ke titik penerima yang diilustrasikan pada Gambar 2.8. Nilai a_b merupakan koefisien penghalang dan a_t merupakan koefisien transmisi pada penghalang.



Gambar 2.10 Ilustrasi Penghalang Bising (Baron, 2003)

Koefisien penghalang dapat dicari melalui persamaan berikut.

$$a_b = \frac{\tanh^2[(2\pi N)^{1/2}]}{2\pi^2 N} \quad (\text{untuk } N < 12.7) \quad (2.7a)$$

$$a_b = 0.0040 \quad (\text{untuk } N \geq 12.7) \quad (2.7b)$$

Nilai N merupakan *Fresnel number* dimana merupakan rasio perbedaan antara panjang lintasan langsung d dan panjang lintasan yang melewati penghalang menjadi setengah dari panjang gelombang bunyi diberikan persamaan berikut.

$$N = \frac{2}{\lambda} (A + B - d) = \frac{2f}{c} (A + B - d) \quad (2.8)$$

Nilai f merupakan frekuensi gelombang bunyi dan c adalah cepat rambat gelombang diudara sekitar penghalang.

Nilai a_t didapat dari persamaan rugi transmisi (*transmission loss*) seperti berikut.

$$TL = 10 \log(1/a_t) \quad (2.9)$$

Perambatan bunyi yang terjadi pada struktur bangunan atau penghalang dipengaruhi oleh material yang digunakan. Setiap material elemen penyusun penghalang akan mempunyai nilai TL yang berbeda-beda. Tabel 2.4 merupakan contoh beberapa material dengan nilai TL nya (Szokolay, 2004).

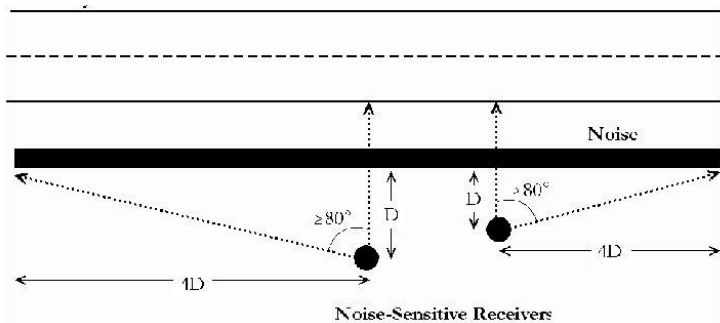
Tabel 2.4 Nilai *transmission loss* beberapa material

Material	Transmission loss (dB)					
	Octave centre frequencies (Hz)					
	125	250	500	1000	2000	4000
150 mm concrete	29	39	45	52	60	67
220 mm brick, plastered	41	45	48	56	58	62
330 mm brick, plastered	44	43	49	57	63	65

Untuk mengontrol kebisingan yang efektif, penghalang harus cukup masif sehingga suara yang ditransisikan langsung melalui penghalang dapat diabaikan dibandingkan dengan suara

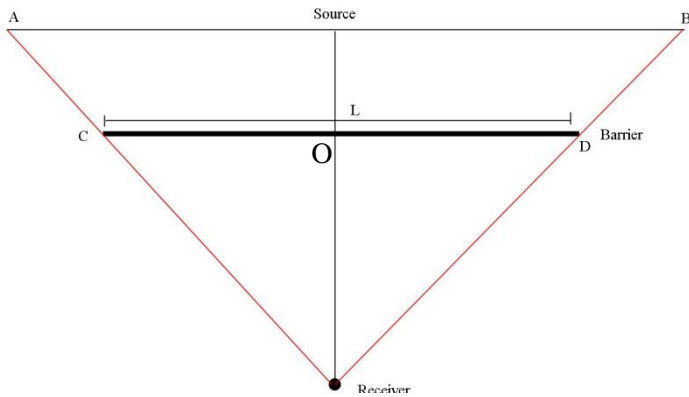
yang di transmisikan di atas penghalang. Untuk tujuan desain, koefisien transmisi daya harus kurang dari sekitar $1/8$ dari koefisien penghalang (*barrier coefficient*).

Penghalang bising harus cukup tinggi dan cukup panjang sehingga hanya sebagian kecil suara yang terdifraksi di sekitar tepinya. Penghalang bising harus cukup panjang sedemikian rupa sehingga jarak antara penerima dan ujung penghalang setidaknya empat kali jarak tegak lurus dari penerima ke penghalang di sepanjang garis yang ditarik antara penerima dan jalur kereta seperti pada Gambar 2.10. Cara lain yaitu dengan sudut yang diturunkan dari penerima ke ujung penghalang harus setidaknya 80 derajat yang diukur dari garis tegak lurus dari penerima ke jalur kereta api. Sehingga panjang penghalang bising dapat didesain dengan ilustrasi seperti Gambar 2.11 dengan panjang penghalang CD sehingga membentuk sudut kurang lebih 80 derajat.



Gambar 2.11 Ilustrasi panjang penghalang bising yang dibutuhkan (FHWA, 2017)

dengan garis AB merupakan sumber bising dan garis CD merupakan panjang penghalang bising yang dinotasikan dengan panjang L . Jarak sumber ke penerima pada titik tengah sumber, SR dicari dengan rumus kesebangunan sebagai berikut.



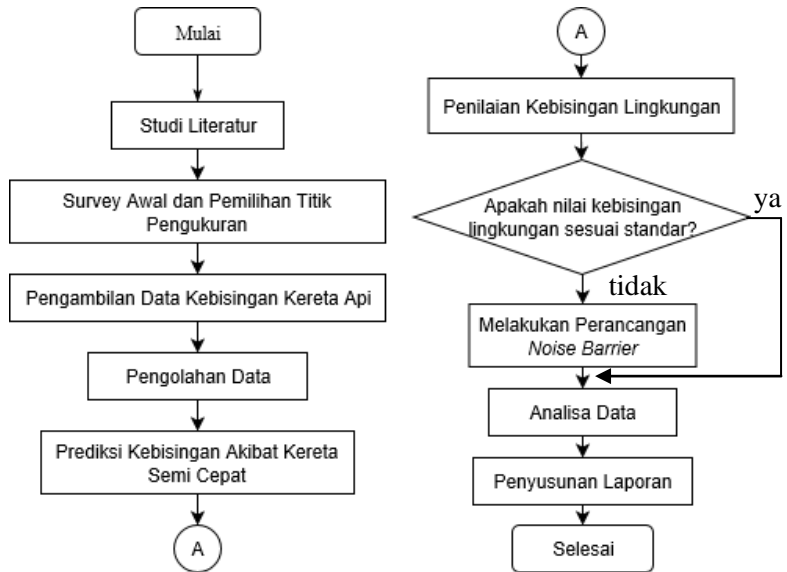
Gambar 2.12 Penghalang bising tampak atas

$$\frac{OD}{SB} = \frac{RO}{SR} \quad (2.10)$$

panjang OD merupakan setengah dari panjang penghalang sehingga panjang total penghalang L yaitu dua kali dari panjang OD.

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

Bab ini menjelaskan tentang langkah-langkah yang dilakukan untuk mencapai tujuan penelitian. *Flowchart* dari penelitian ini ditunjukkan pada Gambar 3.1.



Gambar 3.1 Diagram alir penelitian

3.1 Peninjauan Awal dan Pemilihan Titik Pengukuran

Pengambilan data tingkat kebisingan dilakukan di daerah pemukiman dekat Stasiun Cangkring, Cirebon. Beberapa titik ukur diletakkan pada jarak tiga meter dari rel sebagai sumber kebisingan dan pada jarak 15 meter sebagai titik penerima. Lokasi pengambilan data ditunjukkan seperti pada Gambar 3.2.



Gambar 3.2 Titik pengukuran penelitian

Titik pengukuran yang diletakkan pada sumber diletakkan pada jarak 3 meter dan 15 meter dari rel terdekat *sound level meter* diletakkan pada ketinggian pengukuran sebesar 1,5 meter dari permukaan tanah, seperti Gambar 3.3.

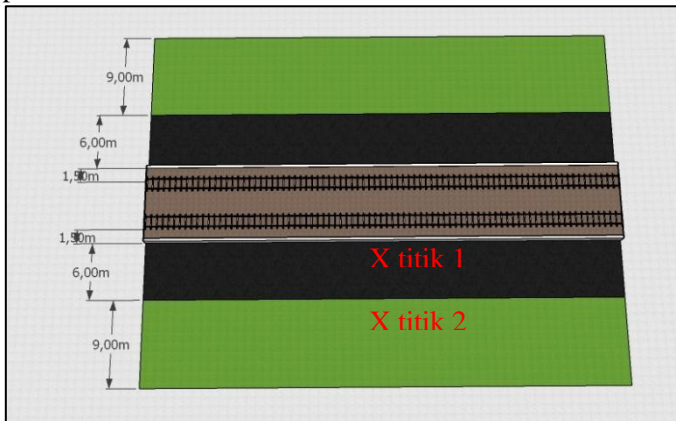


Gambar 3.3 Titik pengukuran pada jarak tiga meter sebagai sumber kebisingan



Gambar 3.4 Titik pengukuran pada jarak 15 meter dari rel sebagai titik penerima

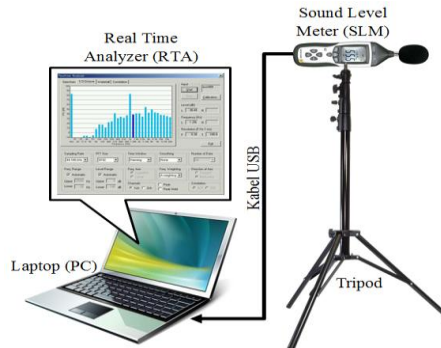
sedangkan batas-batas wilayah kereta menurut Undang-undang Republik Indonesia No.23 tahun 2007 ditunjukkan pada Gambar 3.5.



Gambar 3.5 Titik pengukuran menurut batas wilayah kereta sesuai UU No.23 Tahun 2007

3.2 Pengambilan Data Kebisingan Kereta Api

Data-data yang diperlukan untuk mendukung penelitian yaitu jadwal kereta api untuk mengetahui jumlah *event* dalam 24 jam, kecepatan kereta api, dan jadwal kereta api. Data tersebut didapatkan dari PT. Kereta Api Indonesia. Selanjutnya dilakukan pengukuran tingkat kebisingan dengan menggunakan SLM yang dipasang setinggi 1,5 meter dan diarahkan langsung ke sumber kebisingan, tidak diperbolehkan ada penghalang apapun. SLM disambungkan ke laptop yang telah terpasang perangkat lunak *Real Time Analyzer* (RTA). RTA digunakan untuk merekam sekaligus menyimpan data tingkat tekanan bunyi tiap frekuensi dalam bentuk data *Microsoft Excel*.



Gambar 3.6 Skema pengambilan data

3.3 Pengolahan Data

Data yang didapatkan dari pengukuran berupa data tingkat tekanan bunyi tiap frekuensi dalam bentuk data *Microsoft Excel*. Dari data tersebut kemudian dihitung nilai tingkat kebisingan ekuivalen, L_{eq} , tingkat eksposur, L_{AE} dan tingkat kebisingan maksimum, L_{maks} tiap kereta. Untuk mengetahui apakah tingkat kebisingan sudah melampaui standar baku atau belum dilakukan penilaian tingkat paparan bising maksimum pada pemukiman. Persamaan untuk menghitung nilai L_{eq} yaitu pada persamaan (2.2). Tingkat

kebisingan ekuivalen kereta api yang terukur divalidasi dengan membandingkan nilainya dengan hasil perhitungan dengan rumus. Kemudian hasil pengolahan data tingkat eksposur, L_{AE} dianalisa nilai maksimum yang dihasilkan dan dibandingkan dengan nilai standar baku paparan bising. Nilai L_{eq} diukur ketika kereta api lewat saja, dengan menghitung banyaknya kereta api pada jalur tersebut dan lamanya waktu kereta tersebut yang melewati. Kemudian dari hasil tersebut dapat diprediksi kebisingan akibat lalu lintas kereta api pada berbagai jarak.

3.4 Prediksi Perambatan Kebisingan Kereta Api Akibat Perubahan Kecepatan

Prediksi kereta semi cepat dengan metode *Nordic* dengan menambahkan koreksi ke tingkat sumber untuk ini. Jika diasumsikan panjang kereta menghasilkan daya suara yang sama. Tingkat daya bunyi didapatkan dari persamaan (2.4). Ketika nilai hasil pengukuran dengan hasil perhitungan menghasilkan *error* atau deviasi yang rendah maka dapat diprediksi tingkat kebisingan ekuivalen dihitung dengan menggunakan persamaan (2.2) serta tingkat eksposur bising dengan persamaan (2.3) pada berbagai jarak. Jarak yang diprediksi yaitu sejauh 3 meter, 5 meter, 10 meter, 15 meter, 25 meter, 50 meter, 100 meter, dan 200 meter. Kemudian dibandingkan tingkat kebisingan ekuivalen sebelum adanya kereta semi cepat dengan setelah penambahan kereta semi cepat dengan asumsi kereta melewati jalur Cikampek – Cirebon sebanyak 2 kali dengan waktu durasi 5 detik tiap kereta.

3.5 Perancangan Noise Barrier

Ketika paparan bising melampaui batas kriteria kebisingan seperti pada Tabel 2.2 yaitu sebesar 85 dBA pada titik ukur 15 meter dari rel terdekat dan ketinggian titik ukur 1,5 meter dari permukaan rel. Kondisi kebisingan yang ideal

yaitu tingkat toleransi *background noise level* yang masih diperbolehkan pada wilayah pemukiman. Menurut Menteri Kesehatan No. 718/Menkes/XI/1987/718 batas maksimum yang dianjurkan pada daerah perumahan yaitu sebesar 45 dBA. Jika melebihi kondisi ideal tersebut diperlukan mitigasi agar tercapainya tingkat paparan bising yang diharapkan, salah satu caranya yaitu dengan adanya perancangan penghalang bising. Penghalang bising bertujuan untuk mereduksi paparan akibat kebisingan *airborne*. Spektrum frekuensi bising diambil dari salah satu sumber kereta api terhadap besarnya tingkat tekanan bunyi dilihat dengan membandingkan kondisi ideal untuk mengetahui seberapa besar pengurangan bising yang dibutuhkan dalam perancangan penghalang. Desain penghalang dengan memvariasikan bahan dari penghalang tersebut, bahan yang digunakan yaitu *concrete* dengan ketebalan 150 mm, *plastered brick* dengan ketebalan 220 mm dan 330 mm. Ketiga bahan tersebut memiliki nilai *transmission loss* yang berbeda. Kemudian dari ketiga variasi tersebut dibandingkan dengan kondisi ideal, apakah sudah memenuhi atau belum. Selain itu, ketinggian penghalang juga divariasikan yaitu sebesar 3 meter, 3,5 meter, dan 4 meter. Dari ketiga variasi tersebut dibandingkan dengan kondisi ideal tingkat tekanan bunyi lingkungannya. Kemudian dengan menggabungkan variasi tersebut dapat ditarik kesimpulan bahan manakah dan seberapa tinggikah penghalang bising yang dapat mencapai kondisi ideal kebisingan lingkungan. Untuk menentukan panjang penghalang bising yang diperlukan yaitu dengan cara seperti Gambar 2.11, dengan garis AB merupakan sumber bising dan garis CD merupakan panjang penghalang bising yang dinotasikan dengan panjang L . Jarak sumber ke penerima pada titik tengah sumber, SR dicari dengan rumus kesebangunan. Panjang OD merupakan setengah dari panjang penghalang sehingga panjang total penghalang L yaitu dua kali dari panjang OD. Sudut jangkauan

dalam perancangan penghalang bising yang paling efektif yaitu sebesar 80 derajat dari titik penerima.

Halaman ini sengaja dikosongkan

BAB IV

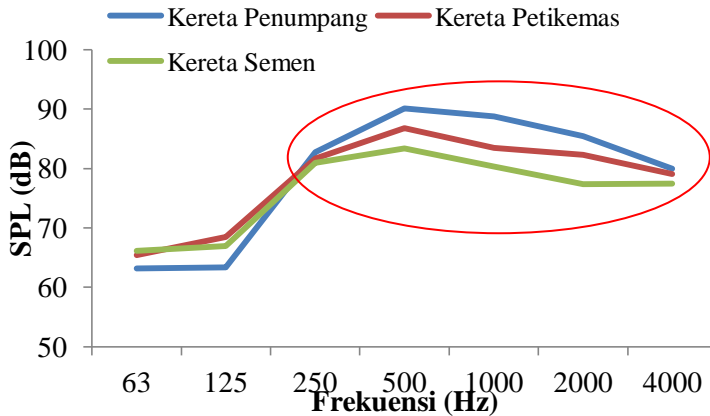
HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Analisis Data

Dalam Undang-undang No 23 Tahun 2007 tentang Perkeretaapian diatur mengenai batas-batas ruang pada jalur kereta api. Jalur kereta api dibagi menjadi tiga yaitu ruang manfaat kereta api, ruang milik kereta api, dan ruang pengawasan kereta api. Ruang manfaat kereta api diperuntukan khusus untuk kepentingan pengoperasian kereta api sehingga pendirian bangunan pada ruang manfaat kereta api tidak diperkenankan. Sedangkan pendirian bangunan pada ruang milik kereta api diijinkan dengan syarat tertentu asalkan tidak mengganggu kepentingan pengoperasian kereta api. Tanah pada ruang manfaat dan ruang milik kereta api merupakan aset milik PT. Kereta Api Indonesia (PT. KAI) dan disertifikatkan. Dalam Peraturan Pemerintah No. 56 Tahun 2009 tentang penyelenggaraan perkeretaapian diatur ruang pengawasan jalur kereta api untuk jalan rel yang terletak pada permukaan tanah diukur dari batas paling luar sisi kiri dan kanan ruang milik jalur kereta api, masing-masing selebar sembilan meter. Data pengukuran yang diperoleh berupa nilai Tingkat Tekanan Bunyi (TTB) *overall* untuk setiap kereta api yang melewati pemukiman pada jalur Cikampek – Cirebon . Nilai TTB tersebut kemudian diolah untuk mengetahui nilai L_{eq} (Kebisingan ekuivalen), nilai L_{AE} (*Sound exposure level*). Dari nilai yang diperoleh tersebut kemudian dibandingkan dengan standar kriteria kebisingan menurut *Rail Corporation New South Wales*. Dari perbandingan yang dilakukan dapat diketahui apakah lingkungan pemukiman daerah jalur kereta Cikampek – Cirebon telah memenuhi standar kriteria kebisingan atau belum. Apabila lingkungan pemukiman belum memenuhi standar kebisingan yang telah diharapkan, maka akan dilakukan perancangan penghalang bising.

4.1.1 Data Pengukuran Kebisingan Lingkungan

Hasil pengukuran tingkat kebisingan kereta api didapatkan spektrum frekuensi sumber bising kereta api yang diukur 3 meter dari sumber seperti pada Gambar 4.1 menunjukkan ketiga jenis kereta tersebut memiliki spektrum yang hampir sama yaitu berdominan pada frekuensi 250 – 4000 Hz.



Gambar 4.1 Spektrum frekuensi bising kereta api

Data pengukuran pada jarak 3 meter dan 15 meter digunakan untuk mencari tingkat kebisingan ekuivalen dengan tingkat paparan bising yang kemudian dibandingkan dengan perhitungan menggunakan persamaan (3.3) untuk memprediksi tingkat kebisingan ekuivalen. Hasil data tersebut ditampilkan pada Tabel 4.1 dan Tabel 4.2.

Tabel 4.1 Tabel tingkat kebisingan ekuivalen pada jarak 3 m dari sumber

Nama Kereta	Durasi (s)	L_{\max} (dBA)	L_{eq} (dBA)	L_{AE} (dBA)
Argo Anggrek	10	94,55	92,70	102,80
Argo	10	95,71	91,39	103,28

Tabel 4.1 Lanjutan

Nama Kereta	Durasi (s)	L_{\max} (dBA)	L_{eq} (dBA)	L_{AE} (dBA)
Dwipangga				
Argo Lawu	10	93,72	91,94	101,77
Argo Muria	9	95,36	93,18	102,65
Argo Sindoro	9	94,77	91,36	102,67
Argojati	7	94,35	92,27	102,21
Bangunkarta	11	92,72	89,75	102,43
Bengawan	10	94,04	91,70	101,70
Bima	10	94,13	90,07	100,00
Bogowonto	12	90,49	88,51	99,25
Brantas	11	91,55	87,40	97,79
Cirebon Ekspres	9	92,99	90,57	100,31
Ciremai Ekspres	9	92,14	90,64	100,38
Fajar Utama Yogyakarta	9	92,57	90,09	101,73
Gajahw <u>1</u> ng	12	93,14	90,93	98,82
Gajayana	12	93,24	90,53	101,14
GBMS	11	92,40	88,02	98,40
Gumarang	12	90,43	88,79	98,78
Harina	11	91,94	88,87	99,26
Jaka Tingkir	11	91,93	88,65	100,37
Jayabaya	11	92,65	90,24	100,99
Jayakarta Premium	9	93,52	90,69	102,57
Kertajaya	17	93,61	92,15	100,24
Krakatau (Singasari)	9	92,82	90,68	100,42
Kutojaya Utara	11	91,45	88,22	98,60

Tabel 4.1 Lanjutan

Nama Kereta	Durasi (s)	L_{\max} (dBA)	L_{eq} (dBA)	L_{AE} (dBA)
Lokomotif	5	89,54	84,01	89,37
Majapahit	11	92,45	89,76	100,14
Matarmaja	11	92,50	90,16	100,04
Menoreh	11	92,43	88,40	98,78
Parcel Utara	35	88,29	86,74	102,20
Peti Kemas	35	88,53	89,61	100,62
Progo	10	91,32	88,82	98,82
Purwojaya	11	92,31	90,85	100,42
Sawunggalih	9	92,04	89,48	99,22
Sembrani	11	93,47	91,82	101,94
Semen Awn	25	89,12	90,94	101,30
Senja Utama Solo	11	92,81	90,53	98,92
Senja Utama Yogyakarta	9	92,17	90,40	100,14
Taksaka	9	94,01	90,15	99,50
Tawangjaya	17	93,80	88,46	100,64
Tegal Bahari	9	93,42	91,50	99,91
Tegal Ekspres	10	92,82	89,12	99,12

Tabel 4.2 Tabel tingkat kebisingan ekuivalen pada jarak 15 m dari sumber

Nama Kereta	Durasi (s)	L_{\max} (dBA)	L_{eq} (dBA)	L_{AE} (dBA)
Argo Anggrek	10	86,42	84,16	93,88
Argo Dwipangga	10	86,53	82,52	93,75
Argo Lawu	10	86,82	84,20	94,02

Tabel 4.2 Lanjutan

Nama Kereta	Durasi (s)	L_{\max} (dBA)	L_{eq} (dBA)	L_{AE} (dBA)
Argo Muria	9	86,48	83,86	93,33
Argo Sindoro	9	86,42	83,03	92,37
Argojati	7	86,76	83,18	92,66
Bangunkarta	11	83,78	81,00	93,55
Bengawan	10	85,07	82,83	92,83
Bima	10	85,77	81,70	91,63
Bogowonto	12	83,24	80,02	90,76
Brantas	11	82,18	80,52	90,91
Cirebon Ekspres	9	85,44	82,92	92,66
Ciremai Ekspres	9	84,77	82,21	91,95
Fajar Utama Yogyakarta	9	84,61	81,25	92,62
Gajahwong	12	84,89	82,52	91,65
Gajayana	12	84,14	82,60	93,21
GBMS	11	85,25	81,12	91,51
Gumarang	12	83,53	80,66	92,06
Harina	11	83,42	80,36	90,74
Jaka Tingkir	11	83,39	80,92	93,07
Jayabaya	11	83,03	81,01	91,17
Jayakarta Premium	9	83,15	82,76	92,70
Kertajaya	17	87,21	83,66	90,79
Krakatau (Singasari)	9	86,03	82,58	92,32
Kutojaya Utara	11	85,39	79,47	89,86
Lokomotif	5	75,65	79,86	84,67
Majapahit	11	85,19	81,96	92,35

Tabel 4.2 Lanjutan

Nama Kereta	Durasi (s)	L_{\max} (dBA)	L_{eq} (dBA)	L_{AE} (dBA)
Matarmaja	11	84,17	81,79	93,12
Menoreh	11	83,08	80,18	90,57
Parcel Utara	35	82,05	79,51	94,98
Peti Kemas	35	80,34	81,06	93,91
Progo	10	83,82	81,50	91,50
Purwojaya	11	83,75	81,36	93,79
Sawunggalih	9	85,27	81,07	90,81
Sembrani	11	85,36	83,78	94,22
Semen Awn	25	81,74	81,78	94,33
Senja Utama Solo	11	81,40	82,58	89,53
Senja Utama Yogyakarta	9	84,72	82,14	91,88
Taksaka	9	85,74	82,75	93,22
Tawangjaya	17	86,07	81,81	93,99
Tegal Bahari	9	85,99	83,11	90,77
Tegal Ekspres	10	83,35	80,74	90,74

Penilaian tingkat kebisingan lingkungan dilakukan pada pemukiman yang berada diluar batas ruang milik kereta api dan masih berada pada ruang pengawasan kereta api. Dalam rentang waktu 24 jam terdapat 124 kereta api yang melewati jalur tersebut dengan waktu total yaitu 1758 detik atau 0,48 jam. Sehingga hasil perhitungan kebisingan ekuivalen dalam 0,48 jam didapatkan. Untuk kebisingan ekuivalen pengukuran pada jarak 3 meter dari sumber didapatkan hasil seperti berikut.

$$L_{eq,0,48jam} = 10 \log \left\{ \frac{1}{0,48 \times 3600} \sum t_i \cdot 10^{0,1 \cdot L_i} \right\}$$

$$L_{eq,0,48jam} = 89,94 \text{ dBA}$$

sedangkan hasil perhitungan L_{eq} dalam 0,48 jam didapatkan nilai kebisingan ekuivalen sebesar 90,41 dBA.

Pada jarak 15 meter dari sumber, kebisingan ekuivalen pengukuran didapatkan hasil seperti berikut.

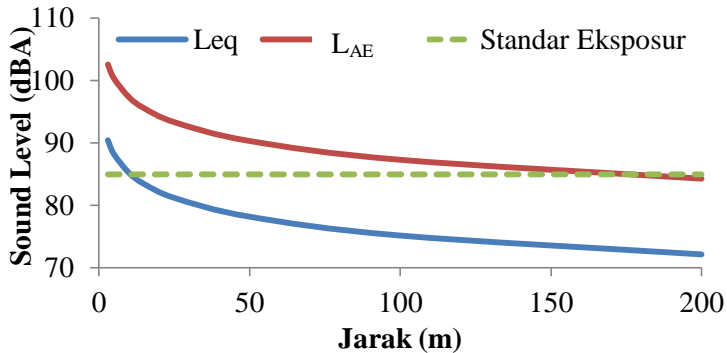
$$L_{eq,0,48jam} = 10 \log \left\{ \frac{1}{0,48 \times 3600} \sum t_i \cdot 10^{0,1 \cdot L_i} \right\}$$

$$L_{eq,0,48jam} = 81,81 \text{ dBA}$$

pada hasil perhitungan L_{eq} dalam 0,48 jam didapatkan nilai kebisingan ekuivalen sebesar 83,43 dBA. Hasil Perhitungan L_{eq} dan pengukuran pada pemukiman jarak 3 dan 15 meter dari rel kereta api dibandingkan menghasilkan grafik pada Gambar 4.2.

Hasil data tersebut menghasilkan deviasi yang rendah antara pengukuran dengan perhitungan. Oleh karena itu, kebisingan ekuivalen dan paparan bising akibat lalu lintas kereta api dapat diprediksi dengan berbagai jarak. Berikut prediksi kebisingan ekuivalen kereta api dengan rentang waktu 0,48 jam dan tingkat paparan bising pada jarak 5 meter, 10 meter, 25 meter, 50 meter, 100 meter, dan 200 meter ditampilkan pada Gambar 4.3.

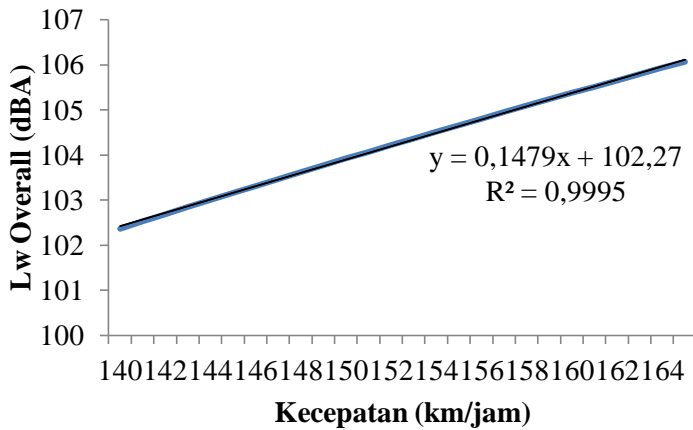
Dari Gambar 4.3 tingkat paparan bising masih di atas standar kriteria paparan yang diharapkan sebesar 85 dBA hingga jarak 200 meter.



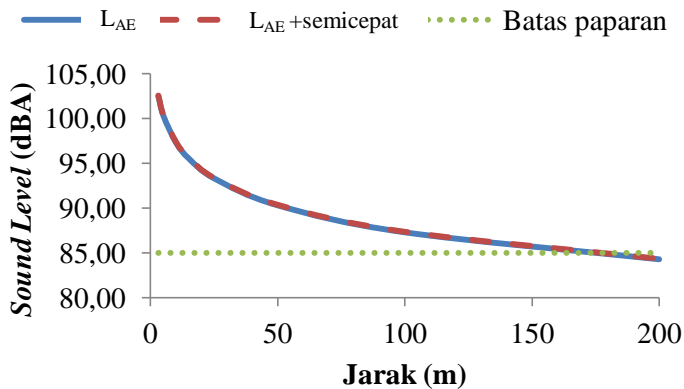
Gambar 4.2 Prediksi L_{eq} dan L_{AE} terhadap jarak

4.1.2 Prediksi Kereta Semi Cepat

Salah satu rencana pemerintahan dalam menambah sarana kereta semi cepat yaitu pada jalur utara yang mana akan melewati jalur Cikampek – Cirebon. Oleh karena itu diperlukan prediksi tingkat kebisingan yang ditimbulkan dari kereta semi cepat tersebut. Dengan Prediksi Nordic yang mempertimbangkan jenis kereta dan frekuensi didapatkan Persamaan 3.7. Kecepatan kereta semi cepat diasumsikan berkisar dari 140 – 165 km/jam. Sehingga didapatkan grafik nilai tingkat daya bunyi, L_w terhadap kecepatan seperti pada Gambar 4.4. Dari grafik tersebut menunjukkan semakin tinggi kecepatan kereta maka tingkat daya bunyi yang dihasilkan juga semakin besar. Dari nilai tingkat daya bunyi di atas dapat dihitung tingkat kebisingan yang diakibatkan kereta semi cepat pada jarak 15 meter ditampilkan grafik L_{eq} terhadap kecepatan kereta dibandingkan dengan tingkat kebisingan sebelum penambahan kereta semi cepat seperti pada Gambar 4.5.



Gambar 4.3 Prediksi tingkat daya pada kereta semi cepat

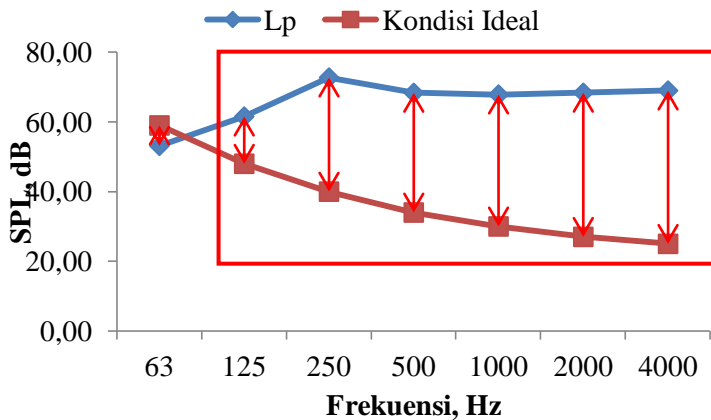


Gambar 4.4 Prediksi L_{AE} akibat kereta api semi cepat

Dari Gambar 4.4 tersebut menunjukkan adanya peningkatan tingkat kebisingan yang tidak signifikan ketika adanya penambahan kereta semi cepat. Paparan bising pun masih di atas standar kriteria bising hingga jarak 200 mete:

4.1.3 Mitigasi

Dalam penanganan kebisingan lingkungan salah satunya kebisingan akibat lalu lintas kereta api haruslah dilakukan mitigasi agar paparan akibat kebisingan tersebut dapat direduksi seperti yang telah dibahas pada subbab 2.8. Kondisi kebisingan yang ideal yaitu tingkat toleransi *background noise level* yang masih diperbolehkan pada wilayah pemukiman. Menurut Menteri Kesehatan No. 718/Menkes/XI/1987/718 batas maksimum yang dianjurkan pada daerah perumahan yaitu sebesar 45 dBA. Untuk mendapatkan nilai acuan per frekuensi, maka diplot pada kurva NR pada tiap spektrum frekuensi sehingga dapat diketahui pengaruh eksperimen pada nilai reduksi kebisingan tiap frekuensi. Didapat *background noise* sebesar 45 dBA setara dengan NR 30 (Baron, 2003).



Gambar 4.5 Perbandingan tingkat kebisingan kereta dengan kondisi ideal

Salah satu sampel kereta digunakan dalam mengetahui spektrum frekuensi bising pada jarak 15 meter. Digunakan data kereta Senja Utama Solo sebagai acuan. Dari hasil pengukuran didapat tingkat kebisingan yang dominan pada frekuensi 125 – 4000 Hz, jika dibandingkan dengan kondisi

ideal maka diperlukan penurunan kebisingan pada frekuensi tersebut sebagai pertimbangan dalam melakukan mitigasi, ditunjukkan pada Tabel 4.3.

Tabel 4.3 Pengurangan SPL yang dibutuhkan

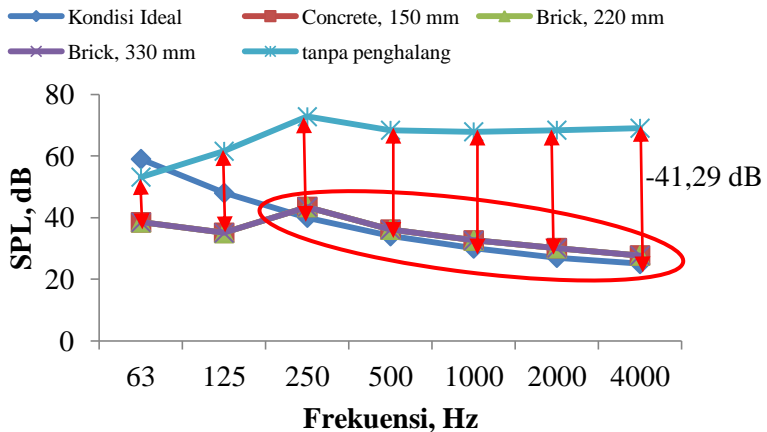
Parameter	Frekuensi (Hz)					
	125	250	500	1000	2000	4000
SPL, dB	61,54	72,76	68,36	67,87	68,38	69,01
Kondisi Ideal, dB	48	40	34	30	27	25
Pengurangan SPL yang dibutuhkan, dB	13,54	32,76	34,36	37,87	41,38	44,01

Oleh karena itu dilakukan perancangan penghalang bising karena penghalang bising sangat efektif dalam mereduksi pada frekuensi tinggi dan menghasilkan tingkat kebisingan sesuai standar.

4.1.4 Perancangan Penghalang Bising dengan Variasi Bahan

Kemampuan insulasi dinding penghalang terhadap kebisingan dapat diketahui dari nilai *transmission loss*. Variasi bahan dalam perancangan ini dipilih bahan yang memiliki nilai *transmission loss* yang cukup besar untuk mereduksi suara pada frekuensi 125 – 4000 Hz. Bahan yang dipilih yaitu *concrete* dengan ketebalan 150 mm, *plastered brick* dengan ketebalan 220 mm dan 330 mm. Nilai *transmission loss* dari ketiga bahan tersebut dapat dilihat pada Tabel 2.4. Parameter yang harus diperhatikan dalam perancangan penghalang bising yaitu koefisien penghalang dengan koefisien transmisi bahan. Dengan *Relative Humidity* sebesar 57.6% dan suhu luar sebesar 34.2°C kecepatan bunyi di udara menjadi 353 m/s. Penghalang diletakkan pada jarak 3 meter dari sumber dan 12 meter ke penerima dengan ketinggian mula-mula 3 meter.

Langkah pertama dalam perancangan yaitu dengan menentukan parameter penghalang menggunakan metode Maekawa. Dengan menggunakan persamaan (2.6) dapat dicari nilai tingkat tekanan bunyi pada titik penerima akibat adanya penghalang bising. Hasil variasi ketiga bahan ditunjukkan pada Gambar 4.7.



Gambar 4.6 Nilai SPL pada berbagai variasi ketinggian penghalang

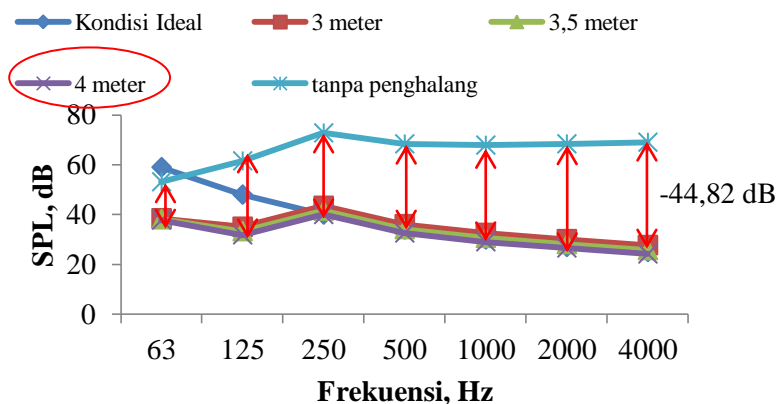
Hasil menunjukkan pada frekuensi 125 Hz dapat memenuhi kondisi ideal, sedangkan pada frekuensi 250 – 4000 Hz masih belum memenuhi kondisi ideal. Selain itu, tidak ada perbedaan yang signifikan dari ketiga bahan tersebut. Hal ini disebabkan perbedaan nilai *transmission loss* yang sedikit diantara ketiga bahan tersebut menyebabkan nilai koefisien transmisi tidak jauh berbeda pula.

4.1.5 Perancangan Penghalang Bising dengan Variasi Ketinggian Penghalang

Ketinggian penghalang juga dapat berpengaruh dalam perancangan penghalang bising. Jarak lintasan difraksi dari

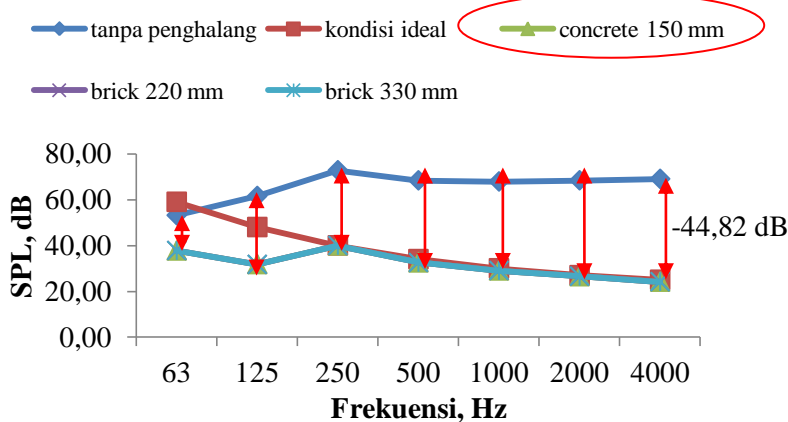
sumber ke tepi atas penghalang dengan penghalang ke penerima akan lebih jauh ketika tinggi penghalang dinaikkan. Bahan yang digunakan yaitu *concrete* 150 mm. Dalam perancangan ini divariasikan ketinggian penghalang yaitu sebesar 3 meter, 3,5 meter dengan 4 meter. Ketinggian penghalang berpengaruh pada nilai *fresnel number*-nya. *Fresnel number* menunjukkan daerah *shadow* yang didifraksikan oleh penghalang bising. Semakin besar frekuensi maka semakin besar *fresnel number*-nya, karena pada frekuensi tinggi gelombang suara akan sedikit terdifraksi sehingga menghasilkan daerah *shadow* yang luas, berkebalikan dengan frekuensi rendah lebih mudah terdifraksi oleh penghalang. Ketinggian penghalang juga mempengaruhi luasnya daerah *shadow*, semakin tinggi penghalang maka jarak lintasan difraksi semakin panjang sehingga semakin luas daerah *shadow*-nya. Dilihat dari Gambar 4.8 semakin tinggi penghalang bising, maka bising akan tereduksi lebih banyak. Pada penghalang dengan ketinggian 3 meter terlihat masih belum mendekati kondisi ideal pada frekuensi 250 – 4000 Hz. Pada penghalang dengan ketinggian 3,5 meter telah mendekati kondisi ideal dengan perbedaan sekitar 1 dB. Sedangkan pada penghalang dengan ketinggian 4 meter sudah sesuai dengan kondisi idealnya.

Ketinggian penghalang bising ditetapkan sebesar 4 meter karena telah memenuhi kondisi idealnya. Kemudian dilakukan variasi bahan dengan perlakuan yang sama seperti pada Subbab 4.1.4 menghasilkan grafik seperti pada Gambar 4.9.



Gambar 4.7 Nilai SPL pada berbagai variasi ketinggian penghalang

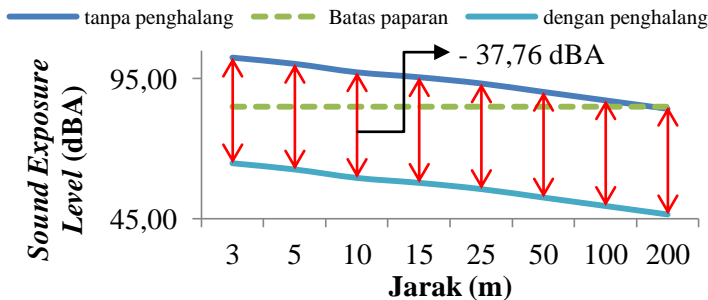
Gambar 4.8 menunjukkan bahwa pada ketiga bahan tersebut telah memenuhi kondisi ideal bising yang diharapkan dengan perbedaan yang kecil.



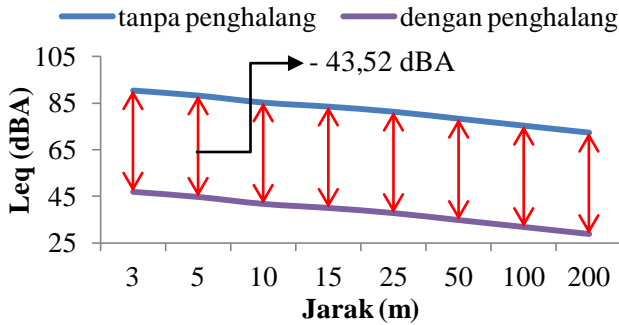
Gambar 4.8 Nilai SPL pada berbagai variasi bahan pada penghalang dengan ketinggian 4 meter

Perancangan penghalang bising dalam menentukan panjang penghalang yang dibutuhkan seperti pada Gambar 2.12 Menurut data dari PT Kereta Api Indonesia, lokomotif untuk seri CC206 memiliki panjang 15753 mm, sedangkan untuk gerbong kereta memiliki panjang 20920 mm. Diasumsikan kereta memiliki satu lokomotif dengan 10 gerbong sehingga panjang total kereta api yaitu sebesar 245,87 meter sehingga panjang sumber bising AB sama dengan panjang kereta api. Jarak sumber ke penerima sejauh 15 meter ditetapkan sehingga sudut jangkauan penghalang bising melebihi 80 derajat. Dengan rumus kesebangunan didapatkan panjang penghalang yang dibutuhkan jika dibulatkan sebesar 197 meter.

Kemudian menghitung tingkat tekanan bunyi pada penerima setelah adanya pemasangan penghalang bising dan dibandingkan dengan tingkat tekanan bunyi ketika sebelum pemasangan penghalang bising. Setiap kereta dihitung nilai tingkat tekanan akibat pemasangan penghalang bising, lalu tingkat kebisingan ekuivalen selama 0,48 jam dapat dihitung dan dibandingkan ketika tingkat kebisingan ekuivalen dan tingkat paparan bising sebelum pemasangan penghalang bising, ditunjukkan pada Gambar 4.9 dan Gambar 4.10.



Gambar 4.9 Perbandingan nilai paparan bising L_{AE} sebelum dan setelah pemasangan penghalang bising



Gambar 4.10 Perbandingan L_{eq} sebelum dan setelah pemasangan penghalang bising

4.2 Pembahasan

Sebelum melakukan perancangan penghalang bising untuk jalur kereta api, terlebih dahulu dilakukan pengukuran kebisingan ekuivalen pada lingkungan pemukiman pada jalur kereta api Cirebon – Cikampek. Sumber bising kereta api dihasilkan oleh gerakan kereta api yang melintas. Sumber bising tersebut berasal dari bunyi deru dari sistem penggerak kereta api atau lokomotif, kebisingan dari peralatan (misalnya kipas angin, mesin, sistem pendingin atau kompresor, kebisingan aerodinamis, dan kebisingan roda akibat interaksi antara roda dengan permukaan rel. Dari hasil pengukuran pada jarak 3 meter dari rel didapatkan frekuensi yang paling dominan atau paling tinggi tingkat tekanan bunyinya adalah pada frekuensi tinggi dilihat dari spektrum frekuensi pada Gambar 4.1, hal ini disebabkan karena sumber bising yang ditimbulkan dari interaksi roda dan rel kereta. Tidak dipungkiri pula frekuensi rendah cukup tinggi hal ini disebabkan karena kebisingan mesin maupun gerbong yang bergetar. Sumber kebisingan berasal dari lalu lintas kereta dengan jalur ganda (*double track*). Kereta api yang melewati jalur tersebut berjumlah 124 kereta dengan waktu total yaitu sebesar 0,48 jam. Untuk pengukuran di titik sejauh 3 meter

dengan tingkat kebisingan ekuivalen selama 0,48 jam sebesar 89,94 dBA dan tingkat paparan bising sebesar 102,53 dBA. Sedangkan pada titik penerima sejauh 15 meter didapatkan tingkat kebisingan ekuivalen sebesar 81,81 dBA dan tingkat paparan bising sebesar 95,55 dBA. Kemudian nilai tersebut dibandingkan dengan menggunakan hasil perhitungan menunjukkan hasil yang mendekati perhitungan dengan kesalahan atau deviasi yang kecil. Kemudian dilakukan prediksi tingkat kebisingan pada berbagai jarak yaitu 5, 10, 25, 50, 100, dan 200 meter. Hasil menunjukkan semakin jauh jaraknya maka tingkat kebisingan semakin turun dan tiap perubahan dua kali jarak tingkat kebisingan berkurang sebesar 3 dBA. *Sound exposure level* atau tingkat paparan bising tiap kereta dapat dihitung dengan menggunakan referensi 1 detik pada tingkat ekuivalennya. Dari hasil perhitungan menunjukkan nilai paparan yang tinggi dan belum sesuai dengan standar kriteria *Rail Corporation New South Wales* dengan ambang 85 dBA untuk paparan bisingnya. Kereta semi cepat dapat diprediksi dengan asumsi kecepatan kereta sebesar 140 – 165 km/jam. Hasil menunjukkan bahwa semakin cepat kereta api, maka semakin besar kebisingan yang ditimbulkan. Hal ini ditimbulkan karena adanya kecepatan partikel vibrasi pada interaksi roda dan rel kereta semakin besar, serta kebisingan aerodinamisnya semakin tinggi sejalan dengan meningkatnya kecepatan kereta. Tingkat kebisingan ekuivalen akibat penambahan kereta semi cepat yang diasumsikan melewati jalur tersebut sebanyak dua kali, satu kereta pada waktu siang dan satu kereta pada malam hari didapatkan kebisingan ekuivalen pada titik 15 meter sebesar 83,49 dBA dan paparan bising sebesar 95,62 dBA. Hasil tersebut mengalami kenaikan yang tidak terlalu signifikan.

Nilai kebisingan lingkungan yang sangat tinggi akibat kereta api memberikan dampak yang tidak nyaman bagi pemukiman yang berada dipinggir rel kereta api. Peraturan Pemerintah tentang Perkeretaapian mengatur bahwa jarak

antara ruang manfaat jalur kereta api dengan pemukiman penduduk minimum adalah 15 meter. Untuk mengurangi tingkat kebisingan tersebut dapat dilakukan dengan cara pemasangan penghalang bising. Metode yang paling banyak dipakai dalam perancangan penghalang bising yaitu dengan metode perhitungan Maekawa dengan asumsi sumber titik dengan *infinite screen*. Penelitian selanjutnya dalam perancangan penghalang bising, metode *finite length barrier*. Kondisi kebisingan yang ideal yaitu tingkat toleransi *background noise level* yang masih diperbolehkan pada wilayah pemukiman. Menurut Menteri Kesehatan No. 718/Menkes/XI/1987/718 batas maksimum yang dianjurkan pada daerah perumahan yaitu sebesar 45 dBA. Untuk mendapatkan nilai acuan per frekuensi, maka diplot pada kurva NR pada tiap spektrum frekuensi didapat nilai NR setara dengan NR 30. Bahan yang digunakan dalam perancangan penghalang bising menggunakan tiga variasi yaitu *concrete* dengan ketebalan 150 mm, *plastered brick* dengan ketebalan 220 mm dan 330 mm dengan masing – masing nilai *transmission loss*-nya. Sebagai awal mula tinggi penghalang ditentukan sebesar 3 meter. Hasil menunjukkan hanya pada frekuensi 125 Hz saja yang dapat memenuhi kondisi ideal, sedangkan frekuensi di atas 125 masing terlampaui batas kondisi idealnya. Pada ketiga bahan tersebut adanya perbedaan yang tidak signifikan sehingga tingkat tekanan bunyi pada penerima akibat adanya penghalang bising bernilai sama.

Kemudian dilakukan perancangan penghalang bising dengan variasi ketinggian 3 meter, 3,5 meter, dan 4 meter yang selanjutnya dicari nilai koefisien penghalangnya. Ketinggian penghalang bising berpengaruh pada jarak lintasan difraksi dari sumber ke penerima. Semakin tinggi penghalang maka nilai *fresnel number* akan semakin besar. Nilai *fresnel number* menunjukkan besarnya daerah *shadow* yang dihasilkan dari difraksi gelombang. Semakin tinggi frekuensi maka gelombang semakin sulit berdifraksi sehingga

menghasilkan daerah *shadow* yang besar dan pengurangan kebisingan juga besar. Dilihat dari ketiga variasi ketinggian tersebut, menunjukkan pada ketinggian 3,5 meter sudah mendekati kondisi ideal dimana pada frekuensi 250 – 4000 Hz masih terlampaui. Pada ketinggian 4 meter penghalang bising dapat mereduksi hingga pada kondisi ideal. Oleh karena itu dipilihlah rancangan penghalang bising dengan ketinggian 4 meter, dengan memvariasikan bahan nilai tingkat tekanan bunyi tidak jauh berebeda, sehingga bahan yang dipilih yaitu bahan *concrete* dengan ketebalan 150 mm. Setelah mendapatkan rancangan yang tepat dengan pengurangan bising sesuai dengan kondisi idealnya, maka pada jenis kereta lainnya diperlakukan dengan hal yang sama. Kemudian dapat diketahui nilai tingkat kebisingan ekuivalen selama 0,48 jam dan nilai tingkat paparan bising yang dihasilkan akibat adanya penghalang bising. Didapat tingkat kebisingan ekuivalen pada jarak 15 meter sebesar 39,95 dBA, sedangkan untuk tingkat paparan bising maksimum yang dihasilkan sebesar 57,79 dBA. Hal ini sudah dikategorikan sebagai kondisi yang tenang dan paparan bising jauh lebih baik dibanding tanpa menggunakan penghalang dan sesuai dengan standar kriteria yaitu 85 dBA.

Halaman ini sengaja dikosongkan

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Adapun kesimpulan yang didapat dari tugas akhir ini adalah sebagai berikut:

- Tingkat kebisingan pada pemukiman jalur rel kereta Cikampek – Cirebon dilihat dari paparan kebisingan. Nilai tingkat kebisingan ekuivalen yang dihasilkan pada jarak 15 meter sebesar 81,81 dBA, sedangkan *sound exposure level* sebesar 95,55 dBA. Kereta semi cepat diprediksi diasumsikan kecepatan kereta berkisar 140 – 165 km/jam dengan tingkat kebisingan pada pemukiman sebesar 83,49 dBA dan tingkat paparan bising sebesar 95,62 dBA. Hasil tersebut masih belum sesuai dengan batas kriteria paparan bising yaitu 85 dBA
- Untuk mereduksi kebisingan kereta api dapat dilakukan dengan pembangunan penghalang bising. Rekomendasi untuk mengatasi kebisingan kereta api daerah pemukiman jalur kereta Cikampek – Cirebon yaitu dengan penghalang bising dengan ketinggian 4 meter dan panjang 197 meter dengan bahan *concrete* dengan ketebalan 150 mm. Penghalang tersebut mampu mereduksi hingga kondisi ideal kebisingan lingkungan pemukiman.

5.2 Saran

Adapun saran untuk penelitian selanjutnya adalah sebagai berikut:

- Sumber kebisingan ditinjau dari *rolling noise*-nya
- Penghalang diberi absorber untuk peningkatan kualitas dalam mereduksi kebisingan pada frekuensi tertentu

DAFTAR PUSTAKA

- Aji, F. (2017). Analisa Kebisingan Lingkungan Akibat Kereta Api Pada Pemukiman yang Dilewati Jalur *Double Track*. Surabaya.
- Baron, R.F. (2003). *Industrial Noise Control and Acoustics*. Marcel Dekker, Inc., Louisiana, USA
- Bruel & Kjaer Sound & Vibration Measurement A/S. (2001). *Environmental Noise Measurements*.
- Cann, R. G., Fredberg, J. J., and Manning, J. E. (1974). *Prediction and control of rail transit noise and vibration—a state of the art assessment*. DoT Report PB 233 363. U.S. Department of Transportation, Washington, DC.
- Ariyadi, R. G. (2016). *Peningkatan Atenuasi Penghalang Bising dalam Mengendalikan Kebisingan Akibat Lalu Lintas di Sekolah Dasar Negeri Siwalankerto I Surabaya Menggunakan Metode Simulasi 2 Dimensi*.
- FHWA. (2017). *Noise Barrier Design Handbook*. U.S. Department of Transportation. Federal Highway Administration.
- Hendriks, Rudolf. (1998). *Technical Noise Supplement – A Technical Supplement to the Traffic Noise Analysis Protocol*. Sacramento, CA. Department of Transportation.
- Irwin, J.D, Graf, E.R. (1979). *Industrial Noise and Vibration Control*. Prentice Hall.
- Khan, S. (2011). Sound Quality Of Railway Noise With And Without Barrier. *Pass-by and Internal Acoustic Noise* , 63-68.

Kompas (2017). Kereta Semi Cepat Jakarta - Surabaya Tidak Gunakan Jalur Baru. Diakses 25 April 2018. <https://ekonomi.kompas.com/read/2017/10/08/121120826/kere-ta-semi-cepat-jakarta-surabaya-tidak-gunakan-jalur-baru>

Kurze, U.J, Anderson, G.S. (1971). *Sound Attenuation by Barriers*. Applied Acoustics . Elsevier.

Lipscomb, D. M. and Taylor, A. C. (1978). *Noise Control Handbook of Principles and Practices*, pp. 274–278. Van Nostrand Reinhold, New York

Maekawa, Z. (1968). *Noise Reduction by Screens*. Applied Acoustics. Elsevier.

Ohrstrom, E. (1997). *Effects of Exposure to Railway Noise - A Comparison Between Areas With and Without Vibration*. Journal of Sound and Vibration. Elsevier.

Rencana Induk Perekertaapian Nasional. (2011). Kementerian Perhubungan Ditjen Perkeretaapian. Jakarta

Ringheim, M. (1996). *The New Nordic Prediction Method for Railway Noise*. Journal of Sound and Vibration. 277-282.

Rollingstock PPP. (2011). *Double Deck Trains – Train Performance Specification*, Rail Corporation New South Wales, Sydney, Australia.

Szokolay, S. K. (2008). *Introduction to architectural science : the basis of sustainable design 2nd ed.*, Amsterdam ; Boston ; London: Elsevier/Architectural Press.

Smith, B. J. (1996). *Acoustics and Noise Control 2nd Edition*. Pearson Education Limited. England.

Smith, M. G. (2017). *The Impact of Railway Vibration and Noise on Sleep*. Department of Occupational and Environmental Medicine. University of Gothenburg. Sweden.

Thompson, D. (2009). *Railway Noise and Vibration Mechanism, Modeling, and Means of Control*. Great Britain: Elsevier.

LAMPIRAN

1. Jadwal Kereta Api Stasiun Cangkring

Jam	Nama Kereta	Track
0:05:00	Senja Utama Solo	Far
0:07:00	Argo Anggrek	Near
0:23:00	Harina	Far
0:27:00	Bogowonto	Near
0:35:30	Jaka Tingkir	Far
0:40:00	Senja Utama Solo	Near
0:52:00	Taksaka	Far
0:53:00	Purwojaya	Near
1:00:00	Brantas	Far
1:09:00	Progo	Near
1:21:00	Cirebon Ekspres	Near
1:27:00	Sembrani	Far
1:30:00	Harina	Near
1:38:00	Gajayana	Far
1:51:00	Argo Dwipangga	Far
2:06:00	Bangunkarta	Far
2:07:00	Tawangjaya	Near
2:13:00	Peti Kemas	Far
2:24:00	Argo Anggrek	Far
2:30:00	Peti Kemas	Near
2:36:00	Lok Dinas KA 2726	Far
2:49:00	Bima	Far
2:57:00	Peti Kemas	Near
4:11:30	Semen	Near
5:32:00	Argojati	Far

5:40:00	Kertajaya	Far
6:09:00	Parcel Utara	Far
6:20:00	Matarmaja	Far
6:22:00	Semen	Near
6:46:00	Semen	Far
7:10:00	Peti Kemas	Near
7:22:00	Majapahit	Far
7:32:00	Tegal Bahari	Far
8:27:30	Kutojaya Utara	Near
8:37:00	Cirebon Ekspres	Far
8:45:00	Peti Kemas	Far
9:03:30	Fajar Utama Yogyakarta	Near
9:14:00	Argo Sindoro	Far
9:23:00	Gajahwong	Near
9:44:00	Argo Muria	Near
10:20:00	Cirebon Ekspres	Near
10:41:00	Lok Dinas KA 2722	Far
10:43:30	Argo Dwipangga	Near
10:57:00	Sawunggalih	Near
11:13:00	Tegal Ekspres	Near
11:15:00	Peti Kemas	Far
11:21:30	Taksaka	Near
11:31:00	Sawunggalih	Far
11:42:00	Menoreh	Far
11:49:00	Argojati	Near
12:02:00	Argo Anggrek	Near
12:07:00	Fajar Utama Yogyakarta	Far
12:24:30	Peti Kemas	Far

12:36:00	Lok Langsir Awn	Far
12:37:00	Tegal Bahari	Near
12:53:00	Taksaka	Far
12:59:00	Peti Kemas	Near
13:09:00	Semen	Far
13:21:00	GBMS	Near
13:36:00	Peti Kemas	Near
13:44:00	Argo Lawu	Far
13:57:00	Argojati	Far
13:57:30	Tegal Bahari	Near
14:08:00	Lok Dinas KA 2728	Far
14:14:00	Bengawan	Near
14:29:00	Lok Dinas Eks 2721	Near
14:29:30	Argo Anggrek	Far
14:42:00	Bogowonto	Far
14:50:00	Jaka Tingkir	Near
15:11:00	Cirebon Ekspres	Near
15:25:00	Tegal Ekspres	Far
15:27:00	Krakatau (Singasari)	Near
15:55:00	Jayabaya	Near
16:05:00	Jayakarta Premium	Near
16:11:30	Tegal Bahari	Far
16:20:00	Semen Awn	Far
16:27:30	Peti Kemas	Near
16:30:00	Peti Kemas	Far
16:45:00	Semen	Near
16:52:00	Peti Kemas	Far
17:00:00	Cirebon Ekspres Fakultatif	Near

17:10:00	Kertajaya	Far
17:40:30	Tawangjaya	Near
17:53:00	Bangunkarta	Far
17:56:00	Peti Kemas	Near
18:13:00	Lok Dinas Eks 2727	Near
18:22:00	Matarmaja	Far
18:34:00	Purwojaya	Near
18:37:00	Gumarang	Far
18:58:00	Tegal Bahari	Near
19:16:00	Argo Sindoro	Far
19:20:00	Peti Kemas	Near
19:23:30	Argo Muria	Far
19:35:00	Bima	Near
19:40:00	Krakatau	Far
19:48:00	Peti Kemas	Near
20:00:00	Semen	Near
20:09:00	Semen	Near
20:25:00	Brantas	Near
20:47:00	Argojati	Far
20:58:00	Gajayana	Near
21:07:00	Progo	Far
21:09:00	Majapahit	Near
21:30:00	Ciremai Ekspres	Far
21:43:00	Sawunggalih	Near
21:53:30	Bengawan	Far
22:00:00	Senja Utama Yogyakarta	Near
22:20:00	Kutojaya Utara	Near
22:22:00	Sembrani	Near

22:33:30	Taksaka	Far
22:38:00	Parcel Utara	Far
22:45:00	Jayabaya	Near
22:46:00	Jayakarta Premium	Far
22:56:30	Tegal Bahari	Near
23:12:00	GBMS	Far
23:16:00	Argo Lawu	Near
23:27:00	Senja Utama Yogyakarta	Near
23:31:00	Menoreh	Far
23:34:30	Cirebon Ekspres Fakultatif	Near
23:39:00	Sawunggalih	Far
23:54:00	Taksaka	Far
23:57:30	Gumarang	Near

BIODATA PENULIS



Saya adalah anak kedua dari tiga bersaudara. Saya lahir di Purwakarta, 27 Maret 1996. Saya menempuh pendidikan formal di SDN Pucang 2 Sidoarjo, SMPN 5 Sidoarjo, SMAN 1 Sidoarjo, kemudian Teknik Fisika FTI ITS sebagai mahasiswa angkatan 2014. Saya mulai bergabung di Laboratorium Vibrastic sebagai member pada tahun kedua dan mulai aktif beraktivitas di lab mulai tahun ketiga. Laboratorium Vibrastic telah memberikan banyak pelajaran mengenai kebersamaan, kerja sama, dan arti kerja keras. Akhir kata, *Vibrate Vigorously, Sound in Harmony*. Pembaca dapat menghubungi saya melalui afifrahmaan@gmail.com.